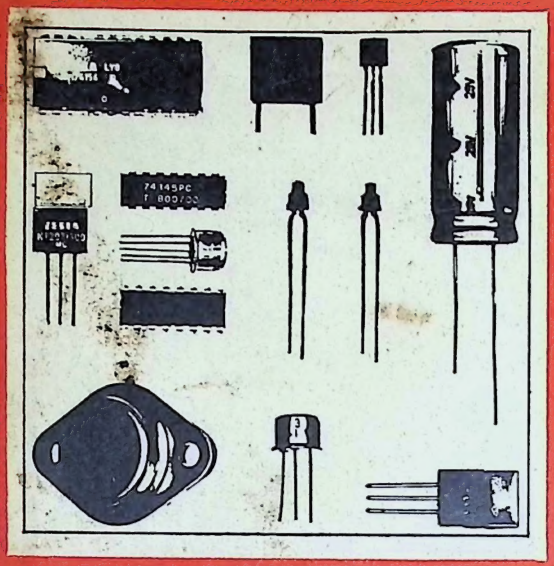
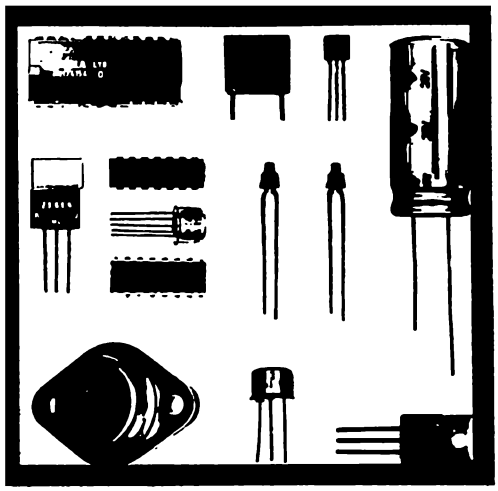


Andrzej
Książkiewicz

Elementy i podzespoły elektroniczne

PORADNIK WARSZTATOWY

Wydawnictwa Naukowo-T



Andrzej
Książkiewicz

Elementy i podzespoły elektroniczne

PORADNIK WARSZTATOWY

Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
Warszawa 1987

Koordynator serii Poradników warsztatowych
Bolesław Urbański

Dodatek. Bezpieczeństwo pracy przy naprawie sprzętu elektronicznego opracował
Jerzy Jaroszyński

Opiniodawcy
Wojciech Skulimowski

Konsultant naukowy
Andrzej Obłój

Redaktor
Maria Nowakowska

Okładkę i strony tytułowe projektował
Krzysztof Dobrowolski

Opracowanie typograficzne
Barbara Chojnacka-Flisiuk

621.38/004.6

Książka zawiera podstawowe wiadomości na temat budowy i parametrów elementów oraz podzespołów elektronicznych, stosowanych w sprzęcie powszechnego użytku, a także wskazówki niezbędne do ich sprawdzenia, naprawy i wymiany. Przeznaczona jest dla Czytelników posiadających podstawowy zasób wiedzy z dziedziny elektroniki (co najmniej na poziomie średnim), którzy chcą samodzielnie naprawiać urządzenia elektroniczne. Może być również przydatna wszystkim radioamatorom.

© Copyright by Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
Warszawa 1987

All rights reserved
Printed in Poland

ISBN 83-204-0753-2

Spis treści

Wstęp 7

I ELEMENTY REZYSTANCYJNE 9

1 Rezystory 9

1.1 Budowa 9
1.2 Parametry i oznaczenia 10
1.3 Dane techniczne 12
1.4 Uszkodzenia 13

2 Potencjometry 16

2.1 Rodzaje potencjometrów 16
2.2 Parametry 16
2.3 Dane techniczne 17
2.4 Budowa 17
2.5 Uszkodzenia i naprawa 20

3 Termistory i warystory 21

3.1 Termistory 21
3.2 Warystory 22
3.3 Uszkodzenia termistorów i warystorów 23

II ELEMENTY POJEMNOŚCIOWE 25

4 Kondensatory stałe 25

4.1 Podział 25
4.2 Parametry 26
4.3 Dane techniczne i oznaczenia 27
4.4 Uszkodzenia i naprawa 33

5 Kondensatory dostrojcze (trymery) 35

6 Kondensatory zmienne 37

6.1 Budowa 37
6.2 Parametry i dane techniczne 37
6.3 Uszkodzenia i naprawa 38

III ELEMENTY INDUKCYJNE 39

7 Cewki 39

7.1 Podział 39
7.2 Parametry 39
7.3 Oznaczenia i dane techniczne 41
7.4 Uszkodzenia i naprawa 44

8 Dławiki 45

9 Transformatory 46

9.1 Podział 46
9.2 Budowa 46
9.3 Oznaczenia i dane techniczne transformatorów 47
9.4 Uszkodzenia i naprawa 51

10 Filtry i rezonatory 55

10.1 Informacje ogólne 55
10.2 Filtry elektryczne *LC* 55
10.3 Filtry i rezonatory piezoelektryczne 58
10.4 Uszkodzenia filtrów i rezonatorów 60

IV ELEMENTY ELEKTRONOWE 61

11 Diody 61

11.1 Rodzaje diod 61
11.2 Ogólne zasady oznaczania diod produkcji NPCP CEMI 70
11.3 Uszkodzenie i wymiana 71

12 Prostowniki i powielacze 73

12.1 Prostowniki 73
12.2 Powielacze 74
12.3 Uszkodzenia prostowników i powielaczy 74

13 Tranzystory 76

13.1 Podział 76
13.2 Oznaczenia 76
13.3 Parametry 76
13.4 Dane techniczne 77
13.5 Uszkodzenia i wymiana 85

14 Tyrystory 87

14.1 Parametry, dane techniczne i oznaczenia 87
14.2 Uszkodzenia 87

15 Elementy optoelektroniczne 89

15.1 Diody elektroluminescencyjne 89
15.2 Fotodiody 91
15.3 Fototranzystory 91

15.4 Fotorezystory 92
15.5 Uszkodzenia elementów optoelektronicznych 92

16 Układy scalone monolityczne 93

16.1 Budowa 93
16.2 Oznaczenia 93
16.3 Parametry 94
16.4 Uszkodzenia 136

17 Układy hybrydowe 137

18 Lampy elektronowe 141

18.1 Parametry 141
18.2 Uszkodzenia 144

V PRZETWORNIKI ELEKTROAKUSTYCZNE 145

19 Głośniki i słuchawki 145

19.1 Budowa 145
19.2 Parametry i dane techniczne 146
19.3 Oznaczenia 147
19.4 Uszkodzenia i naprawa 147

20 Mikrofony 149

21 Wkładki gramofonowe 151

21.1 Budowa 151
21.2 Oznaczenia i dane techniczne 152
21.3 Uszkodzenia 152

VI ŹRÓDŁA ZASILANIA 153

22 Chemiczne źródła zasilania 153

22.1 Budowa 153
22.2 Oznaczenia 154
22.3 Parametry 154
22.4 Użytkowanie 155

VII ELEMENTY I PODZESPOŁY ELEKTROMECHANICZNE 157

23 Bezpieczniki 157

24 Przełączniki 158

24.1 Budowa 158
24.2 Uszkodzenia i naprawa 159

25 Gniazda i wtyki 160

Wykaz używanych skrótów 162

Dodatek Bezpieczeństwo pracy przy naprawie sprzętu elektronicznego 163

Bibliografia 166

Wstęp

Obecnie w każdym domu znajduje się sprzęt elektroniczny: magnetofon, gramofon, odbiornik radiowy lub telewizyjny itp. Sprzęt ten, w zależności od jego jakości i sposobu eksploatacji, prędzej lub później ulega uszkodzeniu. Trzeba go wówczas naprawić. Mógłby to zrobić właściciel lub jego znajomy, jeśli ma odpowiednią wiedzę w dziedzinie elektroniki i potrafi posługiwać się przyrządami pomiarowymi, jednak na przeszkodzie stoi mu brak doświadczenia w naprawach i wynikająca stąd nieznajomość parametrów, typów i oznaczeń elementów i podzespołów elektronicznych stosowanych w tych urządzeniach.

Niniejsza książka, wchodząca w skład serii Poradników warsztatowych, ma na celu umożliwienie poznania elementów elektronicznych i podzespołów stosowanych w urządzeniach powszechnego użytku zarówno amatorom posiadającym podstawową wiedzę w dziedzinie elektroniki, jak i początkującym zawodowcom, a także wskazanie im drogi postępowania przy naprawach.

O ile bowiem literatura opisująca budowę i działanie urządzeń elektronicznych jest dostępna, o tyle literatura popularna dotycząca elementów praktycznie nie istnieje.

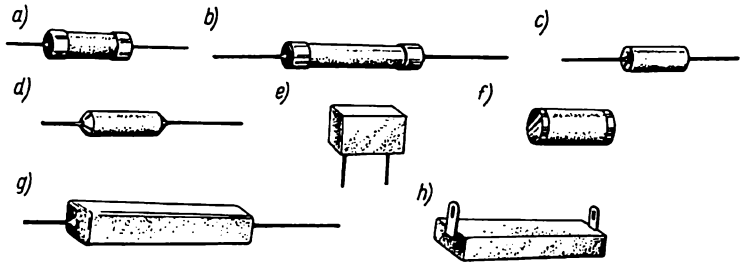
W książce zostały umieszczone podstawowe wiadomości na temat budowy elementów i podzespołów elektronicznych, a także wskazówki pomocne przy ich sprawdzaniu i naprawach lub wymianie. Uwzględniono tu elementy i podzespoły stosowane w urządzeniach elektronicznych powszechnego użytku produkcji polskiej i importowane w większych ilościach. Nie omówiono tu elementów specjalnych, typowych tylko dla jednego rodzaju sprzętu, które będą opisane w innych książkach dotyczących napraw tego sprzętu. Chodzi tu o takie elementy jak: lampy kineskopowe, cewki odchylające, transduktory, linie opóźniające, głowice magnetofonowe itp.

Elektronika jest dziedziną techniki, w której zmiany zachodzą wyjątkowo szybko, dlatego może się okazać, że w momencie ukazania się tej książki niektóre elementy wyjdą z użytku, a pojawią się nowe. Nie należy więc oczekiwać, że książka ta całkowicie wypełni lukę w informacji dotyczącej elementów, raczej że ją jedynie zmniejszy. Dlatego dobrze jest gromadzić artykuły ukazujące się w czasopismach technicznych, zawierające wykazy produkowanych elementów, parametry tych elementów, ich zastosowania oraz opisy budowy i zasady działania.

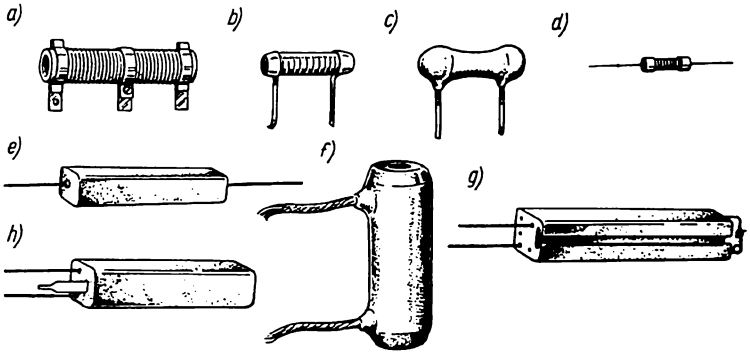
Należy jednak pamiętać, że aby móc korzystać z literatury dotyczącej elementów elektronicznych i napraw, trzeba mieć pewien zasób wiedzy na temat elektroniki, co najmniej na poziomie średnim.

ELEMENTY REZYSTANCYJNE

1 Rezystory



Rys. 1.1. Rezystory warstwowe i objętościowe: a) rezystor MŁT, RMG lub RMB, b) rezystor OWZ lub OWW, c) rezystor AFL, ML lub CASE, d) rezystor AT lub ATR, e) rezystor RMN, f) rezystor AF, g) i h) rezystory objętościowe TWO



Rys. 1.2. Rezystory drutowe: a) rezystor RDX 219, b) rezystor RDL 120, c) rezystor RDC 120, d) rezystor RDML, e) rezystor RDO, f) rezystor DE, g) rezystor RAC, h) rezystor RAT

1.1 Budowa

Ze względu na sposób wykonania rezystory dzieli się na **warstwowe, objętościowe i drutowe.**

Rezystory warstwowe (rys. 1.1 a ÷ f) wykonuje się przez napylenie na rurce lub wałku ceramicznym warstwy rezystywnej ze stopu metalowego lub węgla. Dla uzyskania żądanej rezystancji warstwę rezystywną nacina się śrubowo z odpowiednim skokiem, tworząc jak gdyby taśmę oporową nawiniętą na walcu. Na końcach walca za pośrednictwem kapturków, obejm lub lutowania przymocowuje się końcówki umożliwiające wlutowanie rezystora w układ. Korpus rezystora wraz z fragmentem końcówek pokrywa się lakierem lub warstwą izolacyjną, chroniącymi ścieżkę rezystywną przed czynnikami zewnętrznymi.
Rezystory warstwowe charakteryzują się niewielkimi gabarytami. Znajdują zastosowanie w układach pracujących w zakresie częstotliwości do kilkuset megaherców, lecz ze względu na delikatną ścieżkę rezystywną i słabe odprowadzanie ciepła mają małe moce znamionowe.

Rezystory objętościowe (rys. 1.1 g, h) są kształtkami z masy rezystywnej, w której zatapia się końcówki. Rodzaj masy rezystywnej i jej objętość decydują o wartości rezystancji. Rezystory te charakteryzują się dużymi mocami znamionowymi; sporymi gabarytami i niestety dość dużymi szumami.

Rezystory drutowe (rys. 1.2) wykonuje się nawijając na rurce ceramicznej drut oporowy konstantanowy lub chromonikielinowy. Mogą one mieć różne rodzaje końcówek:

- promieniowe w formie płaskownika tworzącego obejmy na końcach rezystora;
- blaszane z wytłoczonymi miseczkami naciśniętymi na końce rezystora;
- drutowe osiowe przyspawane do kapturków;
- drutowe przymocowane wprost do drutu oporowego lub wykonane ze splotu drutów przyspawanego do obejm.

Oprócz końcówek, niektóre typy rezystorów mogą mieć jeden lub kilka odczepów w postaci obejm, stałych lub ruchomych, zaciskanych wkrętami. Rezystory drutowe pokrywa się lakierem lub masą cementową, lecz bywają i rezystory bez tej powłoki. Charakteryzują się one dużymi mocami znamionowymi, małymi zmianami rezystancji w funkcji temperatury, małymi wartościami rezystancji, dużymi rozmiarami oraz dużą indukcyjnością, która ogranicza ich stosowanie do układów małej częstotliwości i zasilających.

1.2 Parametry i oznaczenia

Dla rezystorów określa się następujące parametry:

- **rezystancja znamionowa;**
- **tolerancja rezystancji znamionowej;**
- **moc znamionowa;**
- **napięcie graniczne;**
- **rezystancja krytyczna;**
- **napięcie szumów;**
- **temperaturowy współczynnik rezystancji.**

Tablica 1.1 Szeregi wartości rezystancji znamionowej dla tolerancji ±5%, ±10%, ±20% [51]

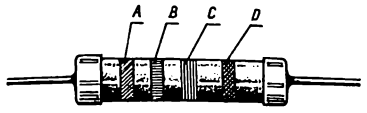
Szereg E6 dla ±20%	Szereg E12 dla ±10%	Szereg E24 dla ±5%
10	10	10
—	—	11
—	12	12
—	—	13
15	15	15
—	—	16
—	18	18
—	—	20
22	22	22
—	—	24
—	27	27
—	—	30
33	33	33
—	—	36
—	39	39
—	—	43
47	47	47
—	—	51
—	56	56
—	—	62
68	68	68
—	—	75
—	82	82
—	—	91

Rezystancja znamionowa R_n. Rezystancje znamionowe rezystorów tworzą szeregi (ciągi) odpowiadające różnym dokładnościom wykonania. Szeregi te, oznacza się symbolami E6, E12, E24, E48, E96, E192, odpowiadają one tolerancjom ±20%, ±10%, ±5%, ±2%, ±1% i 0,5%, podane są w tabl. 1.1 i 1.2.

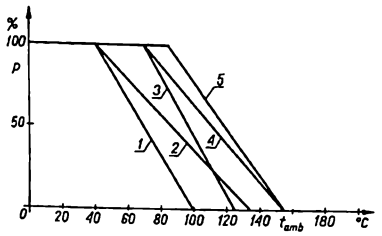
Rezystancja znamionowa jest oznaczana na korpusie rezystora kodem cyfrowo-literowym lub barwnym.

Tablica 1.2 Szeregi wartości rezystancji znamionowej dla tolerancji ±0,5%, ±1% i ±2% [51]

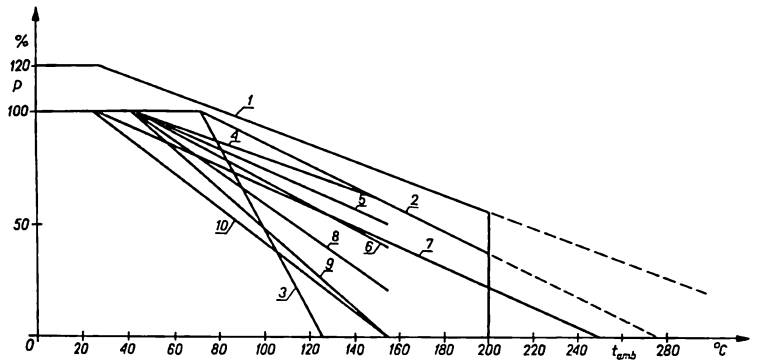
E48 ±2%	E96 ±1%	E192 ±0,5%	E48 ±2%	E96 ±1%	E192 ±0,5%	E48 ±2%	E96 ±1%	E192 ±0,5%	E48 ±2%	E96 ±1%	E192 ±0,5%
100	100	100	178	178	178	316	316	316	562	562	562
—	—	101	—	—	180	—	—	320			569
—	102	102	—	182	182	—	324	324	—	576	576
—	—	104	—	—	184	—	—	328	—		583
105	105	105	187	187	187	332	332	332	590	590	590
—	—	106	—	—	189	—	—	336	—		597
—	107	107	—	191	191	—	340	340	—	604	604
—	—	109	—	—	193	—	—	344	—	—	612
110	110	110	196	196	196	348	348	348	619	619	619
—	—	111	—	—	198	—	—	352	—		626
—	113	113	—	200	200	—	357	357	—	634	634
—	—	114	—	—	203	—	—	361	—	—	642
115	115	115	205	205	205	365	365	365	649	649	649
—	—	117	—	—	208	—	—	370	—	—	657
—	118	118	—	210	210	—	374	374	—	665	665
—	—	120	—	—	213	—	—	379	—	—	673
121	121	121	215	215	215	383	383	383	681	681	681
—	—	123	—	—	218	—	—	388	—	—	690
—	124	124	—	221	221	—	392	392	—	698	698
—	—	126	—	—	223	—	—	397	—	—	706
127	127	127	226	226	226	402	402	402	715	715	715
—	—	129	—	—	229	—	—	407	—	—	723
—	130	130	—	232	232	—	412	412	—	732	732
—	—	132	—	—	234	—	—	417	—	—	741
133	133	133	237	237	237	422	422	422	750	750	750
—	—	135	—	—	240	—	—	427	—	—	759
—	137	137	—	243	243	—	432	432	—	768	768
—	—	138	—	—	246	—	—	437	—	—	777
140	140	140	249	249	249	442	442	442	787	787	787
—	—	142	—	—	252	—	—	448	—	—	796
—	143	143	—	255	255	—	453	453	—	806	806
—	—	145	—	—	258	—	—	459	—	—	816
147	147	147	261	261	261	464	464	464	825	825	825
—	—	149	—	—	264	—	—	470	—	—	835
—	150	150	—	267	267	—	475	475	—	845	845
—	—	152	—	—	271	—	—	481	—	—	856
154	154	154	274	274	274	487	487	487	866	866	866
—	—	156	—	—	277	—	—	493	—	—	876
—	158	158	—	280	280	—	499	499	—	887	887
—	—	160	—	—	284	—	—	505	—	—	898
162	162	162	287	287	287	511	511	511	909	909	909
—	—	164	—	—	291	—	—	517	—	—	920
—	165	165	—	294	294	—	523	523	—	931	931
—	—	167	—	—	298	—	—	530	—	—	942
169	169	169	301	301	301	536	536	536	953	953	953
—	—	172	—	—	305	—	—	542	—	—	965
—	174	174	—	309	309	—	549	549	—	976	976
—	—	176	—	—	312	—	—	556	—	—	988



Rys. 1.3. Rezystor z oznaczeniem kodu barwnego



Rys. 1.4. Dopuszczalne obciążenie rezystorów warstwowych i objętościowych w funkcji temperatury otoczenia [51]
1 – rezystory OWZ, *2* – rezystory ML, AF i AFL, *3* – rezystory OWW, *4* – rezystory RMG, MŁT, RMN, RMB, CASE, AT i ATR, *5* – rezystory TWO



Rys. 1.5. Dopuszczalne obciążenie rezystorów drutowych w zależności od temperatury otoczenia [51]
1 – rezystory RDCO, *2* – rezystory RAC, *3* – rezystory RDLM, *4* – rezystory DER i DE, *5* – rezystory RDC 120, *6* – rezystory RDX 210 i 217, *7* – rezystory RA, *8* – rezystory RDL 210, *9* – rezystory RDC 210, *10* – rezystory RAT

Tablica 1.3 Kod barwny oznaczeń rezystorów [26]

Barwa	Rezystancja znamionowa			Tolerancja
	A 1 cyfra	B 2 cyfra	C Mnożnik	D
Srebrna	—	—	10^{-2}	± 10%
Złota	—	—	10^{-1}	± 5%
Czarna	—	0	1	—
Brązowa	1	1	10	± 1%
Czerwona	2	2	10^2	± 2%
Pomarańczowa	3	3	10^3	—
Żółta	4	4	10^4	—
Zielona	5	5	10^5	0,5%
Niebieska	6	6	10^6	0,25%
Fioletowa	7	7	10^7	0,1%
Szara	8	8	10^8	—
Biała	9	9	10^9	—
Brak	—	—	—	± 20%

Stosowane są różne kody cyfrowo-literowe i tak np.:
rezystor 5,1 Ω oznacza się jako 5,1 lub 5R1;
rezystor 510 Ω jako 510 lub 510R lub K51;
rezystor 5,1 kΩ jako 5,1k lub 5K1;
rezystor 510 kΩ jako 510k lub M51;
rezystor 5,1 MΩ jako 5,1M lub 5M1.

Litery R, K lub M są więc niekiedy używane zamiast przecinka dziesiętnego i mówią jednocześnie o rzędzie wartości rezystancji znamionowej.

Rezystory miniaturowe oznacza się kodem barwnym. W kodzie tym każdemu z kolorów przypisano wartość liczbową (tabl. 1.3). Oznaczenie składa się najczęściej z czterech pasków lub kropek; na rys. 1.3 przypisano im litery A, B, C i D. Pasek A oznacza pierwszą cyfrę znaczącą wartości rezystancji znamionowej, pasek B – drugą cyfrę, pasek C – mnożnik (potęgę dziesięciu), a pasek D oznacza tolerancję. Oznaczanie rezystorów kodem barwnym ma pewne wady. Podstawową jest częsta trudność identyfikacji barw kropek lub pasków i ustalenia kolejności ich odczytywania. Trzeba wtedy zmierzyć wartość rezystancji omomierzem.

Tolerancja rezystancji znamionowej $\frac{\Delta R_n}{R_n} \cdot 100\%$. Rezystory stosowane w sprzęcie elektronicznym powszechnego użytku mają zwykle tolerancje ± 5%, ± 10% i ± 20%. W urządzeniach wysokiej jakości stosuje się rezystory precyzyjne, których tolerancje wynoszą ± 2%, ± 1%, ± 0,5%, a nawet ± 0,2% i ± 0,1%.

Moc znamionowa P_n. Jest to maksymalna moc, którą można obciążyć rezystor w danej temperaturze otoczenia t_{amb} (zwykle 40 lub 70°C). W temperaturach wyższych rezystory wolno obciążać mniejszą mocą (rys. 1.4, 1.5).

Napięcie graniczne U_g. Jest to maksymalne napięcie, które można doprowadzić do końcówek rezystora bez obawy przebicia na linii nacięcia warstwy rezystywnej (parametr ten definiowany jest tylko dla rezystorów warstwowych).

Rezystancja krytyczna R_{kryt}. Jest to rezystancja, przy której dla napięcia granicznego otrzymuje się moc znamionową $P_n = U_g^2 / R_{kryt}$. Rezystory o rezystancji znamionowej większej niż krytyczna wolno obciążać mocą tym mniejszą, im większa jest ich rezystancja znamionowa.

Napięcie szumów. W czasie pracy rezystora występują w nim szybkie, przypadkowe zmiany rezystancji, które powodują powsta-

nie na jego końcówkach napięcia szumów, proporcjonalnego do napięcia doprowadzonego do rezystora. Napięcie szumów wywołane jednym woltem napięcia doprowadzonego jest parametrem rezystora charakteryzującym jego własności szumowe.

Temperaturowy współczynnik rezystancji $TWR = \frac{\Delta R}{R_n} / \Delta T$, ΔR – zmiana rezystancji spowodowana zmianą temperatury o ΔT. Parametr ten, istotny w przypadku rezystorów precyzyjnych, określa procentową zmianę rezystancji przy zmianie temperatury rezystora o 1°C.

Dla niektórych typów rezystorów podaje się również:

- stałość rezystancji w czasie;
- współczynnik napięciowy rezystancji;
- rezystancję izolacji;
- odporność na wpływy atmosferyczne;
- zakres częstotliwości pracy;
- graniczne napięcie impulsowe.

1.3 Dane techniczne

Najczęściej spotykanymi rezystorami warstwowymi są rezystory węglowe OWZ i metalowe MŁT (tabl. 1.4). Są one powszechnie stosowane w popularnym sprzęcie elektronicznym (głównie ze względu na ich niską cenę w stosunku do ceny rezystorów wyższej klasy, np. rezystorów RMG), gdzie nie jest wymagana tak duża dokładność lub stałość

Tablica 1.4 Dane techniczne rezystorów warstwowych i objętościowych [51]

Rodzaj rezystora	Moc znamionowa rezystora P_n [W]	Rozmiary (długość × średnica) $L \times D$ [mm]	Napięcie graniczne U'_{gr} [V]	Zakres rezystancji od [Ω]	Zakres rezystancji do [MΩ]	Temperaturowy współczynnik rezystancji TWR [%/°C]	Szumy [μV/V]	Tolerancja [±%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Warstwowy metalowy MŁT	0,125	6×2,3	200	10	2,2			
	0,25	7×3	250	10	3			
	0,5	10,8×4,2	350	10	5,1	⩽ ±0,12	A ⩽ 1	5; 10; 20
	1	13×6,6	500	10	10		B ⩽ 5	
	2	18,5×8,6	750	10	10			
Warstwowy metalowy precyzyjny AF i AFL	0,05	9 × 2,5		10	0,025			
	0,125	13×3		10	0,025	1 ⩽ 0,005		
	0,25	14×4	–	10	0,025	2 ⩽ 0,0025	0,1	0,2; 0,5; 1; 2
	0,5	18×4		10	0,005	3 ⩽ 0,0015		
	1	25×7		20	0,025	[1]		
	2	31×10		20	0,025			
Warstwowy metalowy stabilny RMB	0,125	6×2,2	150	40	0,1			
	0,25	7×3	300	50	0,15	⩽ –0,01 ÷ 0,03	⩽ 1	1; 2
	0,5	10×3,8	350	50	0,25			
Warstwowy metalowy precyzyjny wysokostabilny CASE	0,125	11×4	250	10 ÷ 30 [2]	0,1 ÷ 1 [2]			
	0,25	16,5×6,5	300			1 ⩽ 0,05		0,1; ±0,2; 0,5; 1; 2
	0,5	22×7	350			2 ⩽ 0,0025	⩽ 0,3	
	1	26,5×10	500			3 ⩽ 0,0015		
	2	54×10,5	750			[1]		
Warstwowy metalowy precyzyjny wysokostabilny AT	0,05	8×2,5	150	10 ÷ 20 [2]	0,1 ÷ 1 [2]	N ⩽ 0,01		
	0,125	12×3	250			1 ⩽ 0,05		
	0,25	13×4	300			2 ⩽ 0,0025	⩽ 0,3	0,2; 0,5; 1; 2
	0,5	17×4	350			3 ⩽ 0,0015		
	1	24×7	500			[1]		
	2	30×10	700					
Warstwowy metalowy miniaturowy wysokostabilny ML	0,25	8×2,5	150	10	100			
	0,5	12×3	350	10	350			
	1	13×4	500	10	500	⩽ +0,01	⩽ 0,2	2
	2	20×7	500	10	500			
Warstwowy metalowy precyzyjny wysokostabilny RMG	0,125	6×2,2	150	10	0,1			
	0,25	7×3	300	10	0,15	N ⩽ 0,01		
	0,5	11×4	350	10	0,33	S ⩽ 0,005	⩽ 0,055	0,5; 1; 2
	1	18×6,6	500	10	1,5			
	2	28×8,6	750	10	2,5			

Tablica 1.4 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Warstwowy metalowy ATR	0,125 0,25 0,5 1	13,5×3,5 14,4×4,5 18,5×4,5 27×7,5	500 500 750 750	10 10 10 10	0,35 1 1 1	N ⩽ 0,01 1 ⩽ 0,005 2 ⩽ 0,0025 3 ⩽ 0,0015 [1]	⩽ 0,2	0,2; 0,5; 1; 2
Warstwowy metalowy małooporowy RMN	0,5 1 2	7×3,5×10,5 15×4,4×10,5 23×4,6×10,5 [3]		1 0,51 0,51	20 10 10	⩽ ± 0,04		2; 5; 10
Warstwowy węglowy OWZ	0,125 0,25 0,5 1 2 3	7×2,5 14×3,7 16×5,4 26×5,4 30×7,5 48,5×9,5	150 250 350 500 500 750	10 10 10 10 10 10	1 3,3 5,1 10 10 10	⩽ –0,2	⩽ 5 ⩽ 4 ⩽ 4 ⩽ 3 ⩽ 3 ⩽ 2,5	5; 10; 20
Warstwowy węglowy wysokostabilny OWW	0,125 0,25 0,5 1 2	13×3,7 15,5×5,4 25,5×5,4 29×7,5 47×9,5	150 350 500 750 750	100 100 100 100 100	0,51 1 2,2 2,2 2,2	⩽ –0,1	⩽ 1	1; 2; 5
Warstwowy węglowy OWS	0,5 1	8×9 18×9	250 250	10 8,2	0,15 0,33	⩽ –0,16		5; 10; 20
Objętościowe TWO	5 10 20 60	77×11,5×9,5 112×15×10,5 112×25,5×19,5 183×47×28	[4]	27 27 24 24	1 1 0,1 0,1	–0,12	⩽ 5 dla R ⩽ 100 kΩ ⩽ 10 dla R > 100 kΩ	5; 10; 20

[1] TWR oznaczony na rezystorze odpowiednio jednym, dwoma lub trzema paskami.
[2] Zakres wartości rezystancji zależy od wartości TWR i tolerancji.
[3] Rezystor prostopadłościenny.
[4] Wartość napięcia granicznego zależy od wartości ciśnienia atmosferycznego.

N – normalny,
S – specjalny.

parametrów jak w przypadku urządzeń profesjonalnych.

W tablicy 1.4 przedstawiono dane techniczne rezystorów warstwowych i objętościowych, a w tabl. 1.5 dane techniczne rezystorów drutowych. W oznaczeniu rezystorów RA, RAT i RAC podana jest długość korpusu w milimetrach, np. RAT 32. W zależności od niej mają one różną moc znamionową, która nie jest jednak jednoznacznie określona. Moc ta zależy bowiem od dopuszczalnej temperatury powierzchni rezystora. Dla rezystorów RA moce te wynoszą:

	100°C	150°C	250°C
RA 25	2,5 W	3,5 W	7,5 W
RA 32	3,5 W	4,7 W	9 W
RA 38	4 W	5,5 W	10,5 W
RA 50	4,3 W	7 W	12,5 W
RA 75	5,5 W	9 W	20 W

Moce obciążenia rezystorów RAT z wyłącznikiem termicznym w temperaturze otoczenia 25°C wynoszą:

RAT 25 – 4 W; RAT 32 – 5,5 W; RAT 38 – 6 W; RAT 50 – 8,5 W i RAT 75 – – 12 W.

Czas zadziałania wyłącznika termicznego rezystora RAT zależy od obciążenia rezystora i wynosi:
5 min – moc obciążenia równa 200% mocy znamionowej;
3 min – moc obciążenia równa 300% mocy znamionowej;
1 min – moc obciążenia równa 1000% mocy znamionowej.

Wartości rezystancji znamionowej rezystorów DE i DER nie są zgodne z wartościami szeregów E12 i E24. Wynoszą one: 5; 6; 7,5; 8; 8,5; 9; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60; 75; 80; 85; 90; 100; 125; 150; 175 i dalej do 50 kΩ przez pomnożenie ×10, ×100 i ×1000.

W tablicy 1.5 (str. 14) nie podano temperaturowego współczynnika rezystancji, ponieważ współczynnik ten jest prawie jednakowy dla wszystkich typów rezystorów drutowych i wynosi: –0,04 ÷ +0,02%/°C.

1.4 Uszkodzenia

Uszkodzenia rezystorów dzieli się, w zależności od przyczyn wystąpienia, na uszkodzenia **mechaniczne** i uszkodzenia **elektryczne**.

Do uszkodzeń **mechanicznych** zalicza się m.in.: urwanie końcówki, obluzowanie kapturka lub obejmy na korpusie, złamanie korpusu rezystora, odprysk ceramiki z

Tablica 1.5 Dane techniczne rezystorów drutowych [51]

Rodzaj rezystora	Moc P_n [W]	Zakres rezystancji znamionowych R_n [Ω]	Temperatura maksymalna rezystora [°C]	Tolerancja [%]
Lakierowany RDL 120	0,5 1 2 3	1÷910 1÷2400 1,5÷4300 2,2÷8200	150	±5, ±10, ±20
Lakierowany miniaturowy RDLM	0,5	0,51÷4,3	125	±5, ±10, ±20
Lakierowany RDL 210	3 4 6 12 16 25	2,2÷8200 2,2÷12000 2,2÷15000 3,3÷30000 4,7÷43000 2,2÷68000	200÷275	±5, ±10, ±20
Bez powłoki z jednym odczepem przesuwnym RDX 219	3 4 6 12 16 25	2,2÷33000 2,2÷47000 2,2÷62000 3,3÷11000 4,7÷15000 2,2÷30000	275	±5, ±10, ±20
Cementowany RDC 210	6 8 12 25 30 50	2,2÷8200 2,2÷12000 2,2÷15000 3,3÷24000 4,7÷36000 2,2÷68000	350	±5, ±10, ±20
Cementowany RDC 120	6	5,1÷3600	350	±5, ±10, ±20
Cementowany z wyprowadzeniami osiowymi RDCO	5 8 10 16 20	1÷1000 1÷3000 1,5÷4700 2÷10000 2,4÷12000	350	±10
Z powłoką cementową RAC	6 8 10 12 15	2÷1500 2,4÷1500 2,7÷3000 3,3÷5100 4,7÷6200	275	±5, ±10
W osłonie ceramicznej RA i RAT		2÷1500 2÷1500 2,7÷2700 2,7÷3000 4,7÷5600		±5, ±10
Emaliowany z wyprowadzeniami elastycznymi DE i z ruchomym odczepem DER	7,5 15 20 25 50 75 150	5÷5000 5÷5000 5÷5000 5÷5000 10÷15000 10÷30000 10÷50000	maksymalna temperatura otoczenia 155°C	±5, ±10

uszkodzeniem ścieżki rezystywnej, przecięcie drutu oporowego. Uszkodzenia mechaniczne rezystorów są rzadko widoczne na pierwszy rzut oka; takie uszkodzenie można wykryć przez pomiary napięć i prądów w układzie. Zdarza się, że urządzenie długo działa prawidłowo mimo uszkodzonego rezystora i dopiero pod wpływem korozji lub wstrząsu części rezystora tracą kontakt elektryczny. W celu uniknięcia uszkodzeń mechanicznych należy unikać uderzania rezystorów twardymi przedmiotami, podważania ich podczas wylutowywania, zaginania końcówek zbyt blisko korpusu, dokręcania zbyt mocno obejm ruchomych odczepów na rezystorach drutowych itd.

Do uszkodzeń **elektrycznych** zalicza się spalenie rezystora w wyniku przegrzania lub przebicia napięciowego. Spalenie rezystora powoduje przerwanie ścieżki oporowej lub wzrost jej rezystancji, może jednak wystąpić nawet odparowanie części metalowych rezystora. Często trudno jest odróżnić rezystor spalony od rezystora przegrzanego, ale sprawnego i dlatego w przypadkach wątpliwych należy sprawdzić, czy rezystancja rzeczywista zgadza się ze znamionową (z uwzględnieniem tolerancji). W tym celu należy wylutować rezystor z układu nawet wtedy, kiedy wydaje się, że układ nie fałszuje pomiaru.

Rezystory są elementami nienaprawialnymi, uszkodzone trzeba zatem zastąpić nowymi. Jedynym naprawialnym uszkodzeniem jest stopienie bezpiecznika termicznego rezystora RAT; bezpiecznik można zlutować napinając jego sprężynę.

Przy wymianie uszkodzonego rezystora należy posługiwać się schematem naprawianego urządzenia, na którym są podane typ i parametry rezystora. Jeśli nie mamy schematu, próbujemy odczytać z uszkodzonego rezystora jego typ i parametry. Należy przedtem sprawdzić, czy rezystor ten nie był już wcześniej wymieniany. Jeżeli nie, to można zastąpić go nowym, jeśli natomiast był wymieniany, to trzeba wziąć pod uwagę dwie możliwości:

– przyczyną uszkodzenia rezystora jest uszkodzenie w innym miejscu układu; należy wówczas poszukać tego uszkodzenia, a rezystor zastąpić takim samym;

– rezystor wymieniono na niewłaściwy; trzeba wówczas postąpić tak, jakby typ i parametry rezystora nie były znane, tzn. odszukać je na schemacie lub obliczyć.

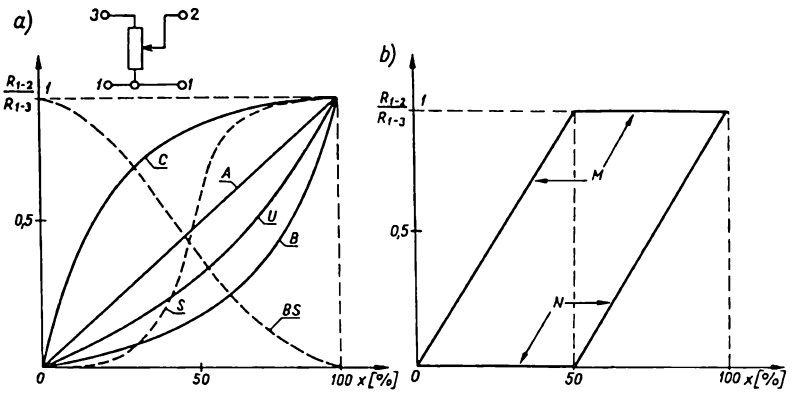
Przy wymianie uszkodzonego rezystora i braku identycznego zastępczego należy starać się, aby rezystor zastępczy spełniał następujące warunki: miał identyczną rezystancję i nie mniejszą moc znamionową oraz tam, gdzie to jest ważne, nie mniejsze napięcie

graniczne, nie większe szumy, ten sam współczynnik temperaturowy rezystancji i nie większe wymiary.

Jeśli nie ma odpowiedniego rezystora zastępczego, to można zastosować równolegle, szeregowe lub szeregowo-równoległe połączenie innych rezystorów. Połączenie takie nie może być stosowane tam, gdzie nie ma na to miejsca oraz tam, gdzie może to spowodować zmianę warunków pracy układu przez zwiększenie pojemności lub indukcyjności montażowej (układy wielkiej częstotliwości).

Uszkodzenie elektryczne rezystora jest zwykle skutkiem innego uszkodzenia w układzie, np. zwarcia w lampie, przebicia kondensatora itp. Należy więc sprawdzić czy nie ma takiego uszkodzenia i dopiero wówczas włączyć układ, obserwując uważnie wymieniony rezystor. Jeśli poczujemy zapach rozgrzanego lakieru lub zaobserwujemy jego ciemnienie, to należy układ natychmiast wyłączyć, aby zapobiec ponownemu spaleniu się rezystora, i dalej szukać uszkodzeń.

2
Potencjometry



Rys. 2.1. Charakterystyki potencjometrów [51]
x – położenie ślizgacza w % pełnego ruchu, R_{1-2} – rezystancja między końcówką początkową a ślizgaczem, R_{1-3} – rezystancja między końcówką początkową a końcową

2.1 Rodzaje potencjometrów

Ze względu na przeznaczenie potencjometry dzieli się na:

– **regulacyjne,** służące do regulacji parametrów urządzenia w czasie jego pracy;
– **dostrojcze** (zwane też potencjometrami montażowymi lub nastawczymi), służące do ustalania warunków pracy układu w czasie jego uruchamiania, strojenia lub naprawy.

Ze względu na sposób regulowania dzieli się je na:

– **obrotowe,** regulowane wałkiem lub wkrętakiem;
– **suwakowe,** regulowane przesuwem suwaka w linii prostej; suwak może być poruszany ręcznie lub za pośrednictwem śruby (potencjometry paskowe).

Ze względu na sposób wykonywania warstwy przewodzącej rozróżniamy potencjometry:

– **węglowe,** w których węglowa ścieżka rezystywna naniesiona jest na płytkę z tworzywa izolacyjnego;
– **cermetowe,** w których ścieżka cermetowa nałożona jest na płytkę ceramiczną;
– **drutowe,** wykonane z drutu oporowego nawiniętego na izolacyjny korpus.

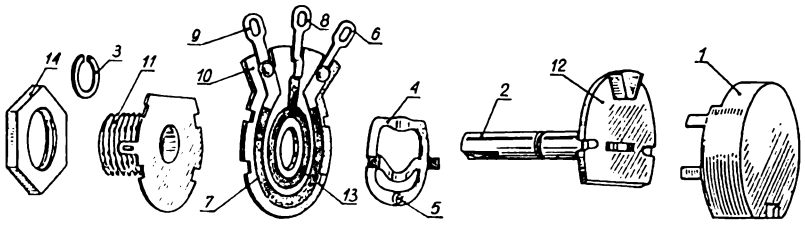
Ścieżka rezystywna połączona jest z wyprowadzeniami najczęściej nitami. W zależności od rodzaju wyprowadzeń potencjometry dzieli się na potencjometry **do druku** i potencjometry **do montażu konwencjonalnego,** wykonywanego przewodami.

2.2 Parametry

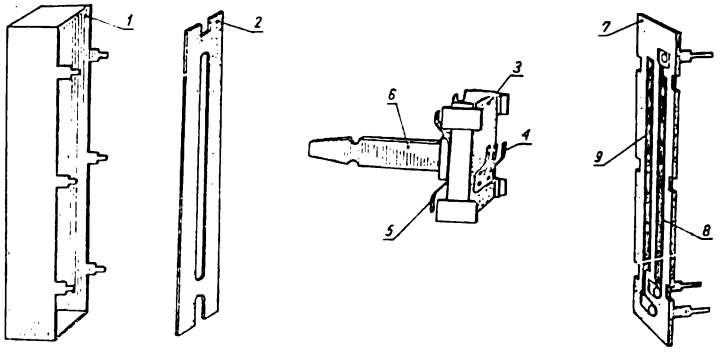
Do opisania właściwości potencjometrów, oprócz parametrów charakteryzujących wszystkie elementy rezystancyjne (p. 1.2), niezbędne jest podanie:

– **charakterystyki potencjometru,** czyli rezystancji potencjometru w funkcji przesuwu ślizgacza;
– **napięcia trzasków;**
– **dopuszczalnego prądu i napięcia przełącznika;**
– **rodzaju odczepów.**

Rodzaje charakterystyk potencjometrów pokazano na rys. 2.1. Najczęściej używane są potencjometry o charakterystykach **A, B** i **C.** Potencjometry o charakterystyce **A – liniowe** – stosuje się do regulacji napięć i regulacji barwy dźwięku w układach, w których potencjometr włączony jest w pętlę sprzężenia zwrotnego (*regulacja aktywna*).
Potencjometry o charakterystyce **B – wykładnicze** – stosuje się w układach regulacji barwy dźwięku, w których pracują jako dzielniki lub rezystory zmienne między stopniami wzmacniającymi (*regulacja pasywna*).
Potencjometry o charakterystyce **C – logarytmiczne** – służą do regulacji głośności w sprzęcie elektroakustycznym.
W układach regulacji balansu (równowagi) we wzmacniaczach akustycznych stosuje się potencjometry o charakterystykach **M** i **N,** w których rezystancja między końcówką początkową a ślizgaczem zmienia się od połowy lub do połowy drogi ślizgacza.
Charakterystykę **BS** ma potencjometr do regulacji barwy dźwięku wchodzący w skład zespołu regulacyjnego w magnetofonach produkowanych przez ZRK na licencji



Rys. 2.2. Budowa potencjometru obrotowego



Rys. 2.3. Budowa potencjometru suwakowego

firmy Grundig (np. ZK140T). Potencjometr regulacji głośności i poziomu wysterowania wchodzący w skład tego zespołu ma charakterystykę S.

Napięcie trzasków jest to wartość szczytowa napięcia zmiennego wywołanego zmianami rezystancji styku ślizgacza potencjometru ze ścieżką rezystywną. Napięcie to jest podawane dla określonego napięcia stałego na wyprowadzeniach końcowych najczęściej 20 V lub 1 V. Zwykłe potencjometry suwakowe i obrotowe mają napięcie trzasków rzędu 40 mV/20 V, natomiast potencjometry służące do strojenia diod pojemnościowych mają to napięcie niższe: 22 mV/20 V lub 1,5 mV/V.

Jeśli potencjometr jest wyposażony w wyłącznik, podaje się jego dopuszczalny prąd, dopuszczalne napięcie skuteczne i sposób jego uruchamiania. Stosuje się różnego rodzaju wyłączniki: przełączane obrotem wałka lub jego ruchem poosiowym, jednobiegunowe i dwubiegunowe, sieciowe i inne.

Czasem potencjometr ma jeden lub kilka odczepów na ścieżce rezystywnej. Stosuje się je do regulacji charakterystyki częstotliwościowej wzmacniaczy elektroakustycznych. Są trzy rodzaje odczepów (tabl. 2.1):

- na 40% długości ścieżki od jej początku (odczep *4*);
- na 50% długości ścieżki (odczep *5*);
- na 60% długości ścieżki (odczep *6*).

Potencjometry mogą być pojedyncze lub podwójne. Potencjometry podwójne mogą być regulowane wspólnie jednym wałkiem lub wodzikiem albo oddzielnie. W tym drugim przypadku potencjometr obrotowy dalszy od przodu strojony jest wałkiem przechodzącym przez rurkę strojącą potencjometr bliższy. Wałki i wodziki są przystosowane do założenia na nie pokrętel lub przesuwek i w zależności od głębokości zamocowania potencjometru mają różne długości. Prawie każdy z typów potencjometrów obrotowych może mieć wałek o różnym zakończeniu: gładkim, rowkowanym wzdłużnie lub wyciętym.

Potencjometry obrotowe mocowane są w otworze i mają wokół wałka gwintowaną szyjkę, na którą nakręca się nakrętkę, a na obudowie występy zapobiegające ich obracaniu się. Potencjometry suwakowe mocuje się wkrętami do płyty, przez którą przechodzi wodzik lub wlutowuje w płytkę drukowaną.

2.3 Dane techniczne

Rezystancja znamionowa potencjometrów wynosi od 100 Ω do 2,2 MΩ przybierając wartości zgodne z szeregiem: 1; 2,2; 4,7; 10. Niektóre typy potencjometrów mają wielkości R_n nie wchodzące w skład tego szeregu np. 200 kΩ czy 68 kΩ.

Tolerancja rezystancji wynosi ±10% i ±20%. Nie jest ona parametrem istotnym ze względu na to, że potencjometr pracuje jako dzielnik lub zmienny rezystor.

Moc znamionowa zawiera się w granicach od 0,05 W do 2 W i jest zależna od wielkości, konstrukcji i charakterystyki potencjometru.

Napięcie graniczne potencjometrów zależne od typu potencjometru i jego charakterystyki wynosi od 100 do 500 V. Wyższe napięcie graniczne mają potencjometry liniowe ze względu na jednakową rezystywność ścieżki na każdym jej odcinku.

Temperaturowy współczynnik TWR jest parametrem istotnym dla potencjometrów dostrojczych. Wynosi on:

0,05%/°C dla potencjometrów miniaturowych o $R_n < 100$ kΩ;

0,1%/°C dla potencjometrów miniaturowych o $R_n > 100$ kΩ;

0,2%/°C dla dużych potencjometrów dostrojczych.

W tablicach 2.1; 2.2; 2.3 i 2.4 (str. 18 i 19) zestawiono dane techniczne potencjometrów węglowych produkowanych przez TELPOD [51].

2.4 Budowa

Potencjometry różnią się rozmiarami oraz rodzajem ślizgacza, obudowy i wyprowadzeń. Poniżej omówimy najczęściej spotykane.

Na rysunku 2.2 pokazano rozłożony potencjometr obrotowy. Na wałku *2* jest zamocowana płytka izolacyjna *12*. Ma ona dwa wycięcia, w które wchodzą występy ślizgacza *4*. Ślizgacz wykonany jest ze srebrzonej sprężystej blachy. Górna (na rysunku) jego część ślizga się po pierścieniu metalowym *13* stanowiącym kontakt zakończony końcówką *8*. W dolnej części ślizgacza znajduje się otwór, w który jest włożony kołek grafitowy *5* ślizgający się po ścieżce rezystywnej *7* zakończonej końcówkami początkową *9* i końcową *6*. Całość zamknięta jest w obudowie *1* przez zagięcie jej występów na płytce *10* i łożysku wałka *11*.

Jeśli potencjometr ma wyłącznik, jest on założony z zewnątrz na obudowę. Obudowa ma otwór w denku, przez który wpuszczony jest występ wyłącznika przerzucany przez palec znajdujący się na płytce *12*.

Na rysunku 2.3 pokazano budowę potencjometru suwakowego. Ścieżka rezystywna *8* i kontakt ślizgacza *9* nałożone są na płytkę izolacyjną *7*. Po nich wodzikiem *6* przesuwa

Tablica 2.1 Potencjometry regulacyjne obrotowe

Typ	Charakterystyka	P_n [W]	Zakres R_n [kΩ]	Średnica walka [mm]	Gwint	Wyłącznik: rodzaj	Wyłącznik: prąd/napięcie [A/V]	Średnica obudowy [mm]	Uwagi[1]
PR 162	A	0,1	0,47 ÷ 1000	4	M7/0,75	–	–	16,3	K, W, 1
	B, C	0,05	1 ÷ 470						
PR 162G	A	0,1	10 ÷ 100	6	M7/0,75	–	–	16,6	D, R, 2C
	B, M, N	0,05	10 ÷ 100						
PR 163	A	0,1	10 ÷ 470	6	M7/0,75	–	–	15,0	K, O, W, 1 do sterowania warikapami
PR 171	A	0,1	1 ÷ 2200	4	M7/0,75	–	–	16,0	D, W, 1
	B	0,05	10 ÷ 1000		lub bez				
PR 172	B	0,05	10 ÷ 1000	4	M7/0,75	–	–	16,0	K, W, 1
PR 173	B	0,05	10 ÷ 1000	4	M7/0,75	–	–	16,0	K, W, 1
PR 185	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M7/0,75	–	–	18,5	K, O, W, R, 1
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PRT 185	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M7/0,75	–	–	18,5	K, O, W, R, 1, 5
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PRT 185–S56	A	0,1	0,1 ÷ 2200	6	M7/0,75	jednob.	1/125	19,0	K, O, W, R, 1
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PRT 185–S56	B, C	0,1	1 ÷ 1000	6	M7/0,75	jednob.	1/125	19,0	K, O, W, R, 1, 6
	A	0,2	0,1 ÷ 2200						
PR 186	A	0,2	100 ÷ 2200	4	M6/0,75	jednob.	1/125	18,5	K, O, W, 1
	B, C		1 ÷ 1000						
PRT 186	A	0,2	100 ÷ 2200	4	M6/0,75	–	–	18,5	K, O, W, 1, 5
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PR 186–S56	A	0,2	0,1 ÷ 2200	4	M6/0,75	jednob.	1/125	19,0	K, O, W, 1
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PRT 186–S56	A	0,2	0,1 ÷ 2200	4	M6/0,75	jednob.	1/125	19,0	K, O, W, 1, 6
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PR 18G	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M9/0,75	jednob.	1/125	18,5	K, O, W, R, 2, 6
	B, C, M, N	0,1	1 ÷ 1000						
PRT 18G	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M9/0,75	–	–	18,5	K, O, W, R, 20,5
	B, C, M, N	0,1	1 ÷ 1000						
PRP 18G	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M7/0,75	–	–	19,0	D, O, W, R, 2C
	B, C, M, N	0,1	1 ÷ 1000						
PR 18D	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6/8[2]	M10/0,75	–	–	19,0	K, O, W, R, 20
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PRT 18D	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M10/0,75	–	–	19,0	K, O, W, R, 20, 4
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PR18-DPS109	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M10/0,75	jednob. osiowy	1/125	19,0	K, O, W, R, 20
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PR181-DPS109	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M10/0,75	jednob. osiowy	1/125	19,0	K, R, 20
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PRT181-DPS109	A	0,2	0,1 ÷ 2200	6	M10/0,75	jednob. osiowy	1/125	19,0	K, R, 20, 5
	B, C	0,1	1 ÷ 1000						
PR 24	A	0,5	0,1 ÷ 2200	6	M8/0,75	–	–	24	K, P, W, R, 1
	B, C	0,25	1 ÷ 2200						
PRT 24	A	0,5	0,1 ÷ 2200	6	M8/0,75	–	–	24	K, P, W, R, 1, 4, 5 lub 6
	B, C	0,25	1 ÷ 2200						
PR24G-S55	A	0,5	0,1 ÷ 2200	6	M8/0,75	dwubieg.	1,5/220	24	K, O, W, R, 2C
	B, C	0,25	1 ÷ 2200						
PRT24G-S55	A	0,5	0,1 ÷ 2200	6	M8/0,75	dwubieg.	1,5/220	24	K, O, W, R, 20, 6
	B, C	0,25	1 ÷ 2200						
SP 1, 2	A	2	0,47 ÷ 4700	6	M6/0,75	–	–	29	K, O, W, 1
	B, C	0,5 lub 1	4,7 ÷ 2200						
SP 3, 2	B, C	0,5	4,7 ÷ 2200	6	M6/0,75	–	–	29	K, O, W, 2C
PRZ 120	BS[3]	0,1	100	–	–	jednob.	0,1/24	–	D, zespół potencj.
	S[4]	0,1	25	–	dwubieg.	dwubieg.	1/220	–	i rezystora regulowanego

[1] K – do montażu konwencjonalnego; D – do druku; O – walek okrągły; W – walek z nacięciem;
R – wałek rowkowany; 1 – potencjometr pojedynczy; 20 – potencjometr podwójny sterowany oddzielnie; 2C – potencjometr podwójny sterowany wspólnie; 4, 5, 6 – rodzaje odczepów.
[2] Średnica walka sterującego potencjometrem bliższym od czoła.
[3] Rezystor regulowany (potencjometr o dwóch wyprowadzeniach).
[4] Potencjometr.

Tablica 2.2 Potencjometry regulacyjne suwakowe

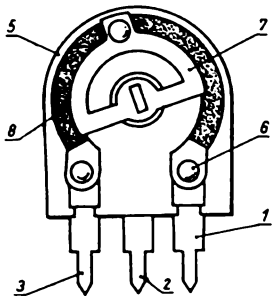
Typ	Charakterystyka	P_n [W]	Zakres R_n [kΩ]	Odczepy	Długość potencjometru [mm]	Długość wodzika [mm]	Rodzaj wodzika	Rodzaj potencjometru
SVP304N	A	0,2	0,47 ÷ 100	–	45	10	metal.	pojedynczy
	B, C	0,1		–				
SVP 305N	B, C	0,1		–	45	15	plastyk.	pojedynczy
SVP 306N	B, C	0,1		–	45	15	metal.	pojedynczy
SVPT307N	B, C	0,1		6	45	10	metal.	pojedynczy
SVP 304G	B, C	0,1		–	45	10	metal.	podwójny
SVP 305G	B, C	0,1		–	45	15	plastyk.	podwójny
SVP 306G	B, C	0,1	1 ÷ 470	–	45	15	metal.	podwójny
SVP 452N	A	0,25		–	73	25	metal.	pojedynczy
	B, C	0,125						
SVP 453N	B, C	0,125		–	73	15	plastyk.	pojedynczy
SVPT452N	B, C	0,125		6	73	25	metal.	pojedynczy
SVPT453N	B, C	0,125		6	73	15	plastyk.	pojedynczy
SVP452G	A	0,25		–	73	25	metal.	podwójny
	B, C, M, N	0,125						
SVPT425G	B, C	0,125		5	73	25	metal.	podwójny

Tablica 2.3 Potencjometry regulacyjne paskowe

Typ	Charakterystyka	P_n [W]	R_n [kΩ]	Długość [mm]	Sposób regulacji	Kolor wskaźnika położenia suwaka
WT 26	A	0,125	470	44	kółkiem Ø 13 mm	Biały
	B	0,125	100			
WT 261	B	0,125	100	44	kókiem Ø 16,5 mm	Czerwony
WT 262	B	0,125	100	44	pokrętłem osiowym	Biały
WT 263	B	0,125	100	44	kółkiem Ø 19,5 mm	Czerwony

Tablica 2.4 Potencjometry dostrojcze obrotowe

Typ	Zakres R_n [Ω]	P_n [W]	Rozstaw skrajnych końcówek [mm]	Montaż	Sposób regulacji	Szerokość [mm]	Uwagi
PKd 400	0,1 ÷ 470	0,1	5	stojący	wkrętakiem	9	
PKd 410	0,1 ÷ 470	0,1	5	stojący	pokrętłem	9	
TVP 081	0,1 ÷ 470	0,05	5	stojący		8	
TVP 082	0,1 ÷ 470	0,05	5	leżący		8	
TVP 083	0,1 ÷ 470	0,05	5	stojący		8	z dwiema końcówkami
TVP 101	0,1 ÷ 1000	0,1	5	stojący		10	
TVP 102	0,1 ÷ 1000	0,1	5	leżący		10	
TVP 113	0,1 ÷ 1000	0,1	10	stojący	wkrętakiem	10,5	
TVP 114	0,1 ÷ 1000	0,1	7,5	leżący		10,5	
TVP 115	0,1 ÷ 1000	0,1	7,5	stojący		10,5	
TVP 145	0,22 ÷ 2200	0,1	10	stojący		14,2	
TVP 184	0,22 ÷ 2200	0,25	10	leżący		18,5	
TVP 185	0,22 ÷ 2200	0,25	10	stojący		18,5	
TVP 181	0,22 ÷ 2200	0,25	10	–		18,5	do montażu konwencjonalnego



Rys. 2.4. Potencjometr dostrojczy

się suwak *3*. Dobry kontakt ślizgacza *4* uzyskiwany jest przez dociśnięcie sprężynami *5* opierającymi się o płytkę *2* znajdującą się w obudowie *1*.

Podobnie zbudowane są potencjometry paskowe z tym, że suwak przesuwany jest nie wodzikiem, lecz śrubą biegnącą równolegle do ścieżek *8* i *9*. Do suwaka mocowany jest wskaźnik pełniący rolę wskazówki na skali.

Na rysunku 2.4 pokazano potencjometr dostrojczy. Potencjometry tego rodzaju są w zasadzie nierozbieralne, dlatego pokazano go w całości. Podstawą jego konstrukcji jest płytka izolacyjna *5*, do której przymocowane są pozostałe elementy. Ścieżka rezystywna *8* i końcówki *1* i *3* są przymocowane nitami *6*. W otworze płytki do końcówki ślizgacza *2* jest przymocowany ślizgacz *7* tak, że można go obracać wkrętakiem.

2.5 Uszkodzenia i naprawa

Przyczyną uszkodzenia potencjometru może być jego zużycie lub zniszczenie przez przekroczenie dopuszczalnych parametrów elektrycznych. Objawem zużycia potencjometru może być całkowity brak regulacji, trzeszczenie, iskrzenie, regulacja niezgodna z charakterystyką (np. skokowa), pojawianie się zakłóceń w pewnych położeniach ślizgacza.

Podejrzany potencjometr należy wymontować z urządzenia i sprawdzić omomierzem. Najpierw sprawdza się rezystancję potencjomeru między końcówkami początkową a końcową, delikatnie nimi poruszając. Rezystancja powinna być zbliżona do znamionowej i stała. Następnie sprawdza się rezystancję między jedną z końcówek a wyprowadzeniem ślizgacza, powoli poruszając ślizgaczem. Rezystancja powinna się zmieniać w sposób ciągły, bez przerw, zgodnie z charakterystyką potencjometru.

Jeśli stwierdzimy jakieś nieprawidłowości potencjometr można rozebrać[1)] i dokładnie obejrzeć. Jeśli ścieżka rezystywna jest zużyta lub spalona, to potencjometr należy wymienić. Jeśli nie widać uszkodzeń ścieżki, przyczyną nieprawidłowości jest najczęściej zły kontakt ślizgacza. Żeby go poprawić trzeba ślizgacz wyjąć, oczyścić i dogiąć jego sprężyny. Ścieżkę rezystywną, kontakt ślizgacza również trzeba oczyścić przemywając ją benzyną ekstrakcyjną. Jeśli stwierdzimy całkowite zużycie ślizgacza, można go przełożyć z innego potencjometru tego samego typu z uszkodzoną ścieżką.

Przy składaniu trzeba nasmarować oś potencjometru smarem, a ślizgacz, ścieżkę rezystywną i kontakt ślizgacza wazeliną lub specjalnym preparatem. Wyłącznik sieciowy trzeba oczyścić i dogiąć jego sprężyny, lecz nie należy go smarować.

Potencjometrów dostrojczych nie naprawia się, ponieważ przy demontażu jego części ulegają uszkodzeniom, a ponadto najczęstszym ich uszkodzeniem jest spalenie ścieżki rezystywnej.

Jeśli potencjometr trzeba wymienić, a nie rozporządzamy potencjometrem tego samego typu, możemy zastąpić go innym, przy czym:

- potencjometr zastępczy powinien być w ten sam sposób mocowany i mieć taki sam wałek lub wodzik;
- tam, gdzie to jest ważne (np. w układach regulacji barwy dźwięku) powinien mieć tę samą rezystancję znamionową. W pozostałych przypadkach rezystancja znamionowa powinna mieć ten sam rząd wielkości;
- jeśli uszkodzony jest potencjometr z wyłącznikiem, wyłącznik potencjometru zastępczego powinien mieć podobne parametry;
- potencjometr pracujący przy napięciach stałych powinien mieć nie mniejszą moc znamionową;
- charakterystyka potencjometru ma największe znaczenie w przypadku potencjometru do przestrajania diod pojemnościowych, ponieważ niewłaściwa charakterystyka spowoduje przestrajanie niezgodne ze skalą. W innych przypadkach jest to mniej ważne, jednak należy się liczyć ze zbyt szybką lub zbyt wolną regulacją w pewnym zakresie ruchu ślizgacza. Przede wszystkim należy unikać zastępowania potencjometrów wykładniczych potencjometrami logarytmicznymi i na odwrót.

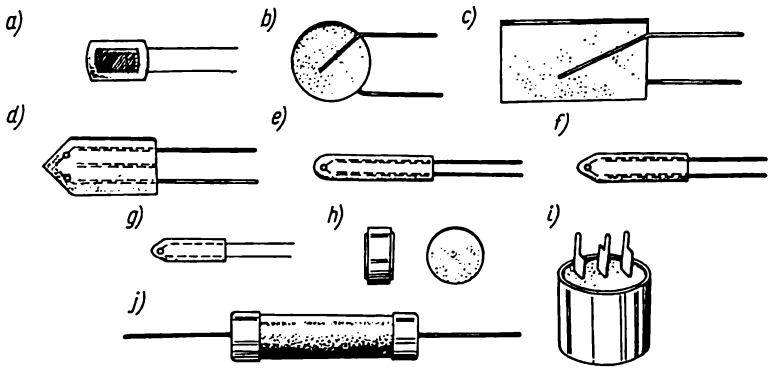
Przy zastępowaniu potencjometru dostrojczego powyższe zalecenia można złagodzić:

- zastępczy potencjometr dostrojczy powinien mieć rozmiary umożliwiające wmontowanie go w układ;
- powinien mieć nie mniejszą moc znamionową, przy czym jeśli ma inną rezystancję, wydzielaną moc trzeba obliczyć z napięć lub prądów w układzie;
- jeśli potencjometr pracuje jako dzielnik napięcia, nie powinien mieć zbyt wielkiej rezystancji, by napięcie regulowane nim nie było zbytnio zależne od obciążenia układem sterowanym, ani rezystancji zbyt małej, by nie obciążał układu zasilającego. W tym drugim przypadku należy zwiększyć rezystancję dzielnika przez dołączenie z obydwu jego stron rezystorów stałych. Należy przy tym pamiętać, że zawęża się wtedy zakres regulacji.

[1)] Jeśli to możliwe; niektóre rodzaje potencjometrów są nierozbieralne.

3

Termistory i warystory



Rys. 3.1. Termistory [36]: a) NTC21, b) NTC110, c) NTC111, d) NTC211, e) NTC212, f) NTC214, g) NTC215, h) NTC501, i) NR001-1100, j) PTC

Termistory i warystory są elementami o rezystancji zależnej od czynników zewnętrznych. Rezystancja termistora zależna jest od temperatury, a warystora od napięcia przyłączonego do jego końcówek.

Termistory (rys. 3.1) są używane w układach temperaturowej stabilizacji punktów pracy, układach regulacji i pomiaru temperatury. Warystorów używa się do stabilizacji i ograniczania napięć.

3.1 Termistory

3.1.1 Rodzaje termistorów

Są trzy rodzaje termistorów różniące się charakterem zmian rezystancji w funkcji temperatury:

- **NTC** (ang. *negative temperature coefficient*), o rezystancji *malejącej* ze wzrostem temperatury;
- **PTC** (ang. *positive temperature coefficient*), o rezystancji *rosnącej* z temperaturą;
- **CTR** (ang. *critical temperature resistor*), których rezystancja wykazuje gwałtowny *skok* w pewnym zakresie temperatury.

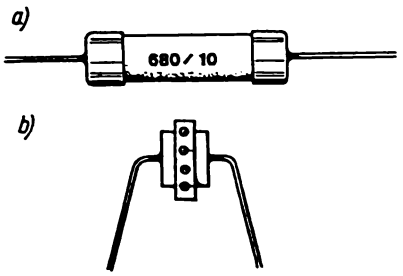
Termistory mogą być podgrzewane ciepłem otoczenia, specjalnym grzejnikiem lub przepływającym przez nie prądem. W sprzęcie powszechnego użytku stosuje się termistory NTC i PTC ogrzewane prądem własnym lub ciepłem otoczenia.

Termistory wykonuje się ze spiekanych proszków, z których formuje się wałeczki, dyski lub kulki.

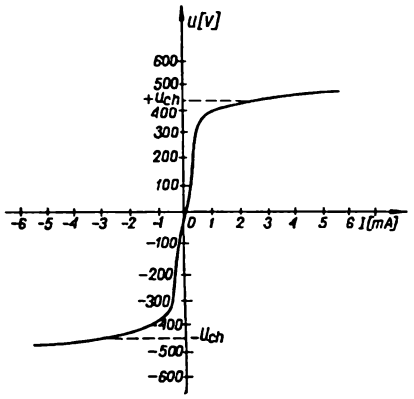
Tablica 3.1 Termistory grzane ciepłem otoczenia [36]

Typ	t_{amb} [°C]	P_{tot} [mW]	R_{25} [kΩ]	α_{25} [%/°C]	Uwagi
NTC110	−25÷+100	< 800	2,2÷5600 Ω	−3÷−4,5	dyskowe o średnicy:
		< 500	6,8÷12	−4,5	Ø ≤ 12 mm dla R_{25} = 2,2 i 3,3 Ω
		< 800	1,2÷4,7	−4,7	Ø ≤ 10 mm dla R_{25} = 4,7÷4700 Ω
		< 500	15÷33	−4,85	Ø ≤ 16 mm dla R_{25} = 5,6÷33 kΩ
NTC111	−25÷+100	< 1000	32	−4,7	płytka o wym. 10×19×5 mm
NTC21	−25÷+200	< 56	10÷47	−4,3	szklany Ø 2 mm, dł. 2,5 mm
NTC210	−25÷+200	< 175	10÷47	−4,3	szklany Ø 3 mm, dł. 50 mm
NTC211	−25÷+200	< 175	100÷220	−4,3	szklany Ø 5×10 mm
NTC212	−25÷+200	< 175	1÷4,7	−4,5	szklany Ø 2 mm, dł. 10 mm
NTC214	−25÷+125	< 62	470	−4,75	szklany Ø 3 mm, dł. 10 mm
NTC215	−25÷+200	< 80	10÷68	−4,3	szklany Ø 2 mm, dł. 7 mm
NTC501	−40÷160		2,1[1)]	−4,43	dyskowy Ø 7,1 mm bez końcówek

Uwagi:
[1)] Tolerancja 170%.
P_{tot} – dopuszczalna wydzielana moc całkowita.



Rys. 3.2. Warystory: a) walcowy, b) dyskowy z oznaczeniami



Rys. 3.3. Przykładowa charakterystyka warystora

3.1.2 Parametry i dane techniczne

Termistor opisywany jest następującymi parametrami:

- **rezystancja znamionowa** R_{25}, określana dla temperatury $t_{amb} = 25°C$;
- **tolerancja rezystancji znamionowej;**
- **temperaturowy współczynnik rezystancji** α_{25};
- **dopuszczalny zakres temperatury otoczenia** t_{amb}.

W tablicach 3.1 i 3.2 zostały podane dane techniczne termistorów stosowanych w sprzęcie powszechnego użytku.

3.2 Warystory

Warystory (rys. 3.2) mają symetryczną charakterystykę prądowo-napięciową pokazaną na rys. 3.3. Charakterystyka ta ma załamanie przy pewnym napięciu, oznaczające nagle zmalenie rezystancji. Można ją opisać równaniem

$U = CI^{\beta}$

Tablica 3.2 Termistory grzane prądem własnym

Typ	R_{25} [Ω]	R_T przy I_T [Ω]	[mA]	Uwagi
NR 002-1100	820	360	300	do obwodów żarzenia odbiorników telewizyjnych
TNA 22/0,3	6800	73	300	do obwodów żarzenia odbiorników telewizyjnych
PTC	2×20	50 000	10	dwa termistory w jednej obudowie, do układów rozmagnesowywania kineskopu w odbiornikach telewizji kolorowej

Uwaga: R_T – rezystancja termistora ogrzewanego prądem I_T w temperaturze otoczenia 25°C.

Tablica 3.3 Oznaczanie warystorów kodem barwnym [51]

Typ	Barwne oznaczenie parametrów		
	pierwszy znak	drugi znak	trzeci znak
WW-470/10-0,22-0,8		zielony	
WW-560/10-0,22-0,8		niebieski	
WW-680/10-0,22-0,8		fioletowy	
WW-910/10-0,18-0,8		biały	—
WW-1200/10-0,18-0,8		szary	
WW-1300/10-0,18-0,8		czerwony	
WD-81/1-0,22-0,5			czarny
WD-100/1-0,18-0,5			czerwony
WD-120/1-0,18-0,5		żółty	żółty
WD-150/1-0,18-0,5			niebieski
WD-180/1-0,18-0,5			szary
WD-220/1-0,18-0,5	pomarańczowy		czarny
WD-270/1-0,18-0,5			czerwony
WD-330/1-0,18-0,5		zielony	żółty
WD-220/1-0,18-0,8			czerwony
WD-330/1-0,18-0,8			żółty
WD-8/10-0,5-1		brązowy	niebieski
WD-39/10-0,5-1			czerwony
WD-47/10-0,22-1	czerwony		żółty
WD-56/10-0,22-1		pomarańczowy	niebieski
WD-68/10-0,22-1			szary
WD-68/1-0,18-1			szary
WD-82/1-0,18-1			czarny
WD-120/1-0,18-1		żółty	żółty
WD-150/1-0,18-1			niebieski
WD-220/1-0,18-1			czarny
WD-270/1-0,18-1		zielony	czerwony
WD-330/1-0,18-1			żółty
WD-150/1-0,18-2	pomarańczowy		niebieski
WD-180/1-0,18-2		żółty	szary
WD-220/1-0,18-2			czarny
WD-270/1-0,18-2			czerwony
WD-330/1-0,18-2			żółty
WD-220/1-0,18-3		zielony	czarny
WD-270/1-0,18-3			czerwony
WD-330/1-0,18-3			żółty

gdzie: U – napięcie na warystorze; I – prąd warystora; C – stała równa liczbowo spadkowi napięcia na warystorze przy prądzie 1 A; β – współczynnik nieliniowości.

Parametrami charakteryzującymi warystor są:

- **napięcie charakterystyczne** (napięcie przy określonym prądzie, w zakresie ograniczania, zwanym **prądem odniesienia**);
- **współczynnik** β;
- **moc znamionowa.**

Warystory oznaczane są kodem zawierającym dwie litery i liczby. Litery WW oznaczają warystor walcowy, a WD warystor dyskowy. Pierwsza liczba oznacza wartość napięcia charakterystycznego. Druga, oddzielona znakiem łamania, wartość prądu odniesienia w mA. Po nich występują dwie kolejne liczby oddzielone kreską, oznaczające wartość współczynnika β i moc znamionową.

Na przykład warystor oznaczony WW-560/10-0,22-0,8 jest warystorem walcowym o napięciu charakterystycznym 560 V przy prądzie odniesienia 10 mA. Jego współczynnik β wynosi 0,22, a moc znamionowa 0,8 W.

Warystory walcowe opisywane na korpusie mają oznaczoną wartość napięcia charakterystycznego i prądu odniesienia (rys. 3.2). Mogą być również oznaczane kodem barwnym w postaci kropek lub pasków podanym w tabl. 3.3. Warystory walcowe oznaczane są dwoma paskami lub kropkami, z których jeden oznacza tolerancję napięcia charakterystycznego, a drugi pozostałe parametry [51].

Brak paska tolerancji oznacza tolerancję $\pm 20\%$, pasek srebrny tolerancję $\pm 10\%$, a biały tolerancję -20%. W tablicy 3.3 nie uwzględniono oznaczeń tolerancji. Warystory dyskowe są oznaczane czterema paskami lub kropkami [51], przy czym czwarty oznacza tolerancję w sposób opisany wyżej.

3.3 Uszkodzenia termistorów i warystorów

Termistory i warystory ulegają podobnym uszkodzeniom jak rezystory. Są one jednak mniej wrażliwe od rezystorów ze względu na to, że są wykonane z proszków spiekanych, dość odpornych na temperaturę.

Objawem uszkodzenia termistora jest niestabilność temperaturowa układu lub, jak to się dzieje w przypadku termistorów pracujących w obwodach żarzenia lamp, brak prądu żarzenia. W obwodach żarzenia termistory pracują w dość wysokich temperaturach, które są powodem niszczenia ich części metalowych. Termistory bada się omomierzem i w przypadku stwierdzenia uszkodzenia wymienia na nowe o tych samych parametrach.

Objawem uszkodzenia warystora jest wzrost napięć w układzie i ich niestabilność. Warystor trudno jest sprawdzić omomierzem ze względu na jego wielką rezystancję przy niskim napięciu pomiarowym. Najlepiej mierzyć napięcie na jego końcówkach i jego prąd w pracującym układzie.

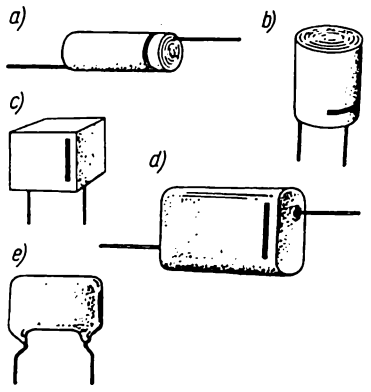
Jeżeli nie rozporządzamy odpowiednim elementem do wymiany można zastosować połączenie kilku innych, przy czym termistory można łączyć tak jak rezystory szeregowo lub równolegle, a warystory tylko szeregowo. Łączenie termistorów i warystorów z rezystorami pogarsza ich właściwości linearyzując ich charakterystyki.

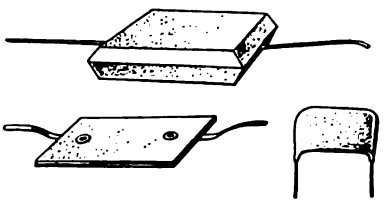
Uszkodzone termistory i warystory nie nadają się do naprawy. Wyjątkiem jest termistor z obwodu żarzenia lamp w telewizorach. Zamiast jego zniszczonych doprowadzeń można zastosować drut, którym owija się końce walca i wykorzystuje jako końcówki. Nie jest to naprawa trwała, jednak wystarczająca na dość długi czas.

ELEMENTY POJEMNOŚCIOWE

4

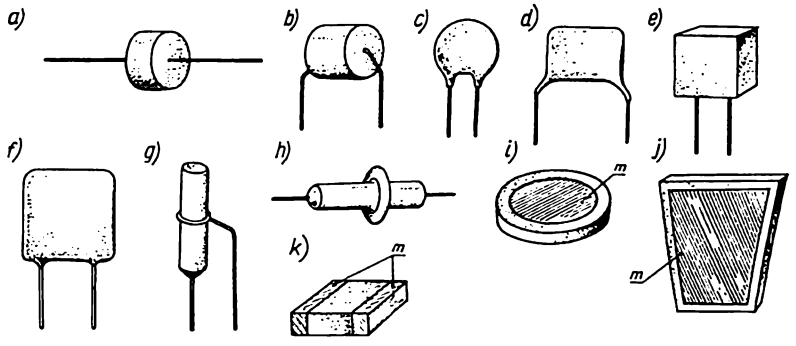
Kondensatory stałe





Rys. 4.2. Kondensatory mikowe

Rys. 4.1. Kondensatory zwijkowe poliestrowe: a) KSE011, b) KSE013, c) MKSE012, d) MKSE011, e) MKSE020



Rys. 4.3. Kondensatory ceramiczne: a) KCPe, b), c) KCP, d) KCPf lub KFPf, e) KCPm lub KFPm, f) KFPm, g) KCR, h) KCRp lub KFRp, i) KCP lub KFP bezkońcówkowy, j) KCP lub KFPl, k) KCPm lub KFPm bezkońcówkowy; *m* – metalizacja

4.1 Podział

Kondensatory dzieli się na **zwijkowe, mikowe, ceramiczne i elektrolityczne.**

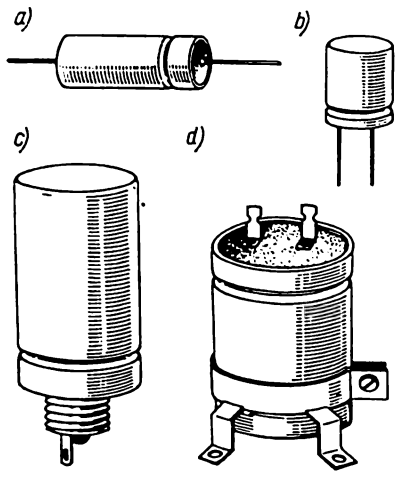
Kondensatory zwijkowe (rys. 4.1) wykonane są przez zwinięcie nałożonych na siebie folii metalu i dielektryka. W zależności od zastosowanego dielektryka są to kondensatory:

– **papierowe;**
– **tworzywowe: polistyrenowe** (styrofleksowe), **poliestrowe, poliwęglanowe i polipropylenowe.**

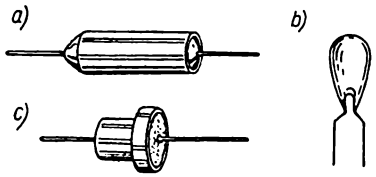
Do okładek z folii metalowej zwiniętych w zwijkę z folią dielektryka przymocowuje się wyprowadzenia w postaci drutów i zabezpiecza przed wpływami atmosferycznymi wkładając w obudowę lub zalewając specjalnym tworzywem. Czasem, zamiast stosować folie metalowe na okładki, metalizuje się dwustronnie folię dielektryka uzyskując w ten sposób mniejsze rozmiary zwijki. Takie kondensatory nazywa się kondensatorami **zwijkowymi metalizowanymi.**
Są dwa sposoby wykonywania kondensatorów zwijkowych: normalny i bezindukcyjny. Różnią się one sposobem dołączenia wyprowadzeń do okładek. W wykonaniu normalnym wyprowadzenia dołączone są w jednym punkcie do każdej z okładek. W wykonaniu bezindukcyjnym wyprowadzenia dołącza się do krawędzi okładek wystającym poza dielektryk po zwinięciu zwijki.

Kondensatory mikowe (rys. 4.2) zbudowane są z płytek miki wysokiej jakości, na które naniesione są srebrne okładziny. Jedna płytka ma małą pojemność, dlatego składa się je w pakiety i łączy równolegle wkładanymi między nie metalowymi kontaktami. Do kontaktów dołącza się wyprowadzenia i całość zalewa żywicą syntetyczną lub zaprasowuje w specjalnym tworzywie. Kondensatory mikowe są dość drogie ze względu na pracochłonność wykonania i drogi surowiec.

Kondensatory ceramiczne (rys. 4.3) produkowane są jako kondensatory płytkowe, w których okładziny z folii metalowej lub warstwy metalizacji nałożone są na płytkę ceramiczną w kształcie prostokąta, krążka lub trapezu, i **rurkowe,** w których okładziny nałożone są na wewnętrzną i zewnętrzną



Rys. 4.4 Kondensatory elektrolityczne aluminiowe: a) 02/T, b) 04/U, c) KEN, d) 61/L



Rys. 4.5. Kondensatory elektrolityczne tantalowe: a) 164/D, b) 196/D, c) ETO

powierzchnię rurki ceramicznej. Do okładzin przylutowuje się wyprowadzenia drutowe, a całość zalewa lakierem lub specjalnym tworzywem ochronnym.

Są odmiany kondensatorów ceramicznych do układów w.cz. nie mające wyprowadzeń drutowych. Kondensatory takie lutuje się bezpośrednio do ścieżek płytek drukowanych lub elementów konstrukcyjnych urządzenia. W zależności od rodzaju ceramiki używanej jako dielektryk kondensatory dzieli się na dwa typy: kondensatory typu 1 i kondensatory typu 2, czyli ferroelektryczne.

Kondensatory elektrolityczne są to kondensatory, w których rolę jednej z okładek spełnia elektrolit ciekły lub stały. Dielektrykiem jest warstwa tlenku pokrywająca drugą okładkę wykonaną z metalu. Dzięki cienkiej warstwie dielektryka w kondensatorach elektrolitycznych uzyskuje się duże pojemności.

Warstwa dielektryka wytworzona jest na jednej z elektrod kondensatora (anodzie), dlatego kondensatory elektrolityczne *mają oznaczoną biegunowość dołączenia do źródła napięcia*. Połączenie odwrotne może spowodować zniszczenie kondensatora ze względu na wydzielające się w kondensatorze ciepło wywołane prądem upływu. Istnieją kondensatory elektrolityczne bez oznaczonej biegunowości mające jednakowe obydwie okładki pokryte warstwami dielektryka.

W sprzęcie powszechnego użytku kondensatory elektrolityczne stosuje się w układach, w których wymagane są duże pojemności, np. w filtrach napięć stałych w zasilaczach, w układach m.cz. jako kondensatory sprzęgające i blokujące, w układach, w których wymagana jest duża stała czasowa itp.

W zależności od materiału, z którego wykonana jest anoda, kondensatory elektrolityczne dzieli się na **aluminiowe** i **tantalowe**.

W **kondensatorach aluminiowych** (rys. 4.4) elektrodą dodatnią jest folia aluminiowa, na której wytworzona jest warstwa tlenku aluminium – dielektryka. Katodą jest elektrolit, którym nasączona jest taśma papierowa nałożona na folię anodową. Napięcie do elektrolitu doprowadza folia katodowa aluminiowa nałożona na taśmę z elektrolitem. Dla zwiększenia powierzchni anody, czyli zwiększenia pojemności kondensatora, folię anodową trawi się wytwarzając w niej pory przed pokryciem warstwą tlenku. Całość zwinięta jest w zwijkę i włożona do metalowej obudowy. W jednej obudowie umieszcza się czasem kilka kondensatorów elektrolitycznych.

W **kondensatorach tantalowych** (rys. 4.5) dielektrykiem jest tlenek tantalu Ta_2O_5 wytworzony na anodzie z folii tantalowej lub ze spieczonego proszku tantalowego. Katodą jest elektrolit w postaci kwasu (w kondensatorach z elektrolitem ciekłym) lub ciała stałego np. MnO_2 (w kondensatorach z elektrolitem stałym). Prąd do katody doprowadzony jest za pośrednictwem obudowy ze srebra, w której zamknięty jest kondensator z elektrolitem ciekłym, albo przez warstwę grafitu i srebra naniesioną na warstwę elektrolitu stałego.

4.2 Parametry

Kondensator charakteryzuje się wieloma parametrami, z których najważniejszymi są:

– **pojemność znamionowa** C_n: jest to wartość pojemności kondensatora w temperaturze 20°C. Wartości pojemności znamionowych kondensatorów stałych uszeregowane są wg szeregów E6, E12, E24, E48, E96 i E192 (patrz rozdział 1), przy czym szeregi te nie zawsze odpowiadają jednej wartości tolerancji, jak to jest w przypadku rezystorów. Na przykład kondensatory o tolerancji pojemności 10% i 20% mogą mieć wartości pojemności z szeregu E6;

– **napięcie znamionowe** U_n: jest to maksymalne napięcie stałe lub zmienne, które można dołączyć do końcówek kondensatora w sposób ciągły bez obawy jego uszkodzenia. Każdy z typów kondensatorów produkuje się na określone napięcie znamionowe tworzące pewne szeregi wartości, różne dla różnych typów kondensatorów;

– **współczynnik strat** tg δ; określa stosunek mocy czynnej do mocy biernej kondensatora przy określonej częstotliwości napięcia zmiennego. Jest on miernikiem dobroci kondensatora, która jest odwrotnością tg δ. Współczynnik strat rośnie wraz z częstotliwością napięcia zmiennego;

Tablica 4.1 Oznaczanie kategorii klimatycznej kondensatorów

Pierwsza cyfra	Minimalna temperatura pracy [°C]	Druga cyfra	Maksymalna temperatura pracy [°C]	Trzecia cyfra	Odporność na wilgoć (ilość dób)
—	—	0	+250	—	—
—	—	1	+200	—	—
—	—	2	+155	—	—
3	−65	3	+125	—	—
4	−55	4	+100	4	56
5	−40	5	+85	5	21
6	−25	6	+70	6	4
7	−10	7	+55	7	4+ suszenie
8	0	8	+40	8	10

– **temperaturowy współczynnik pojemności** TWP; określa zmianę pojemności kondensatora pod wpływem temperatury. Wzrost temperatury może spowodować wzrost lub zmalenie pojemności kondensatora. Mówi się wtedy o dodatnim lub ujemnym TWP.

Dla kondensatorów określa się również **kategorię klimatyczną**, czyli zakres temperatur pracy i odporność na wpływy klimatyczne. Kategorię klimatyczną oznacza się trzema cyframi (tabl. 4.1) lub opisowo podając najniższą temperaturę pracy, najwyższą temperaturę pracy i długość czasu badania kondensatora na odporność na wilgoć. Na przykład kondensator o kategorii klimatycznej 465 lub 55/070/21 ma zakres temperatur pracy od –55 do +70°C i jest odporny na działanie wilgoci przez 21 dób.

4.3 Dane techniczne i oznaczenia

4.3.1 Kondensatory zwijkowe

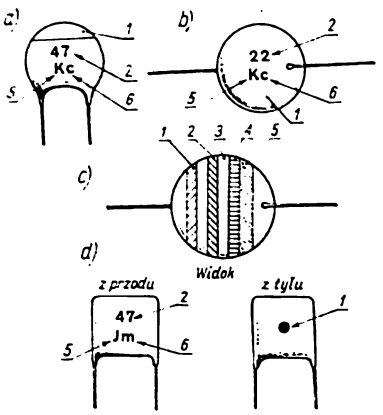
Kondensatory papierowe miały zastosowanie w obwodach prądu stałego i zmiennego małej częstotliwości. Obecnie stosuje się je jako kondensatory zapłonowe do silników spalinowych, kondensatory do silników elektrycznych i lamp wyładowczych, a w wykonaniu hermetycznym w teletechnice. Można je spotkać również w odbiornikach telewizyjnych i radiowych starego typu. Są to kondensatory typu KP, KRP i MBM. Zwijki impregnowane są chloronaftalenem lub żywicą epoksydową, w związku z czym mają kategorie klimatyczne 666 lub 445. Zakres ich pojemności zawiera się w granicach od kilku nanofaradów do kilku mikrofaradów, a napięcia znamionowe od 100 do 1000 V. Współczynnik tgδ silnie rośnie z częstotliwością i bardzo zależy od temperatury osiągając minimum w okolicach +40 ÷ +60°C. TWP wynosi od $+300 \cdot 10^{-6}/°C$ do $+500 \cdot 10^{-6}/°C$.

Kondensatory poliestrowe mają podobne właściwości do kondensatorów papierowych. Ich tg δ jest duży (ok. 0,01) i silnie zależny od częstotliwości i temperatury, a ich TWP wynosi od 100 do 1 000 $\cdot 10^{-6}/°C$, mają one jednak około dziesięciokrotnie wyższą od kondensatorów papierowych rezystancję izolacji.

Tablica 4.2 Parametry zwijkowych kondensatorów tworzywowych [44]

Typ	Uwagi	Zakres pojemności [nF]	Zakres napięć znamionowych [V]	tg δ dla 1 kHz	tg δ dla 1 MHz	TWP $\times 10^{-6}/°C$	Kategoria klimatyczna
KSF014		1 ÷ 56	100 ÷ 630	⩽ 0,0005		–60 ÷ –250	55/070/21
KSF019	bezindukcyjny	4,701 ÷ 180	63	⩽ 0,0005		–(150 ± 50)	55/070/21
KSF020		0,01 ÷ 100	25 ÷ 1000	⩽ 0,0005	⩽ 0,004	–60 ÷ –220	40/070/04
KSF022	bezindukcyjny	0,05 ÷ 450	63 ÷ 630	⩽ 0,0005	⩽ 0,001	–100 ± 50	55/070/21
KSF024		0,27 ÷ 4,7	25	⩽ 0,0003	⩽ 0,0007	–50 ÷ –250	25/070/10
KSF030		0,047 ÷ 27	63 ÷ 630	⩽ 0,0005	⩽ 0,001		40/070/04
KSF041		0,01 ÷ 15	1000 ÷ 10000	⩽ 0,0005	⩽ 0,001	–10 ÷ –180	40/070/04
KSF0		0,047 ÷ 27	63 ÷ 630	⩽ 0,0005	⩽ 0,001	–60 ÷ –220	40/070/04
KSE011		1 ÷ 220	160 ÷ 1600	⩽ 0,01		–100 ÷ –1000	40/85/21
KSE013		3,3 ÷ 1000	160 ÷ 1000	⩽ 0,01		–100 ÷ –800	40/85/21
KSE016		1 ÷ 100	63 ÷ 160	⩽ 0,01			40/85/21
KSE019		1 ÷ 100	63 ÷ 100[1]	⩽ 0,01			40/85/21
MKSE011	metalizowany	22 ÷ 10000	160 ÷ 630	⩽ 0,01			55/100/21
MKSE012	metalizowany	10 ÷ 10000	100 ÷ 630	⩽ 0,01			55/100/21
MKSE020	metalizowany	4,7 ÷ 2200	100 ÷ 630	⩽ 0,01			55/100/21
MKSW012	metalizowany	10 ÷ 4700	63 ÷ 250	⩽ 0,004		± 70	55/100/21
MKSW012-1	metalizowany	10 ÷ 470	400	⩽ 0,003			55/100/21
KMP010		15 ÷ 2200	250/160[2]; 400/220[2]	⩽ 0,001			55/85/56
KFMP010	metalizowany	10 ÷ 220	630 ÷ 1500	⩽ 0,001		–250 ÷ –250	40/85/21

[1] Napięcie 63 V oznaczone jest barwą fioletową, a napięcie 100 V czerwoną na jednym z końców kondensatora.
[2] Zapis 250/160 oznacza napięcie stałe 250 V i napięcie zmienne 160 V o częstotliwości 50 Hz.



Rys. 4.6. Cechowanie kondensatorów ceramicznych typu 1 [34]
1 – oznaczenie TWP, *2, 3, 4* – oznaczenie pojemności znamionowej, *5* – oznaczenie tolerancji, *6* – oznaczenie napięcia znamionowego

Kondensatorami poliestrowymi są kondensatory typu KSE i MKSE (rys. 4.1) wykonywane na napięcia znamionowe 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000 i 1600 V. Kondensatory te mają takie same zastosowania jak papierowe, tzn. w układach prądu stałego i małej częstotliwości.

Kondensatory polistyrenowe, poliwęglanowe i polipropylenowe mają dużo lepsze właściwości od wyżej wymienionych. Pozwala to na stosowanie ich, szczególnie kondensatorów bezindukcyjnych, w układach wielkiej częstotliwości. Kondensatory polistyrenowe mają oznaczenia KSF, kondensatory poliwęglanowe MKSW, a kondensatory polipropylenowe KMP i KFMP. Podobne są do kondensatorów pokazanych na rys. 4.1. Parametry kondensatorów tworzywowych przedstawiono w tabl. 4.2.
Oznaczenie kondensatora zwijkowego na korpusie zawiera następujące dane:
- znak producenta;
- typ kondensatora;
- kategorię klimatyczną;
- pojemność znamionową w pF, nF lub μF, przy czym czasem przy zapisie skróconym używa się liter p, n i μ jako przecinków oznaczających mnożnik, np. zapis 1n5 oznacza pojemność 1,5 nF [26];
- tolerancję pojemności w %, a w oznaczeniu skróconym dużymi literami [26]. Litery te odpowiadają następującym tolerancjom:
B – ±0.1%; C – ±0.25%; D – ±0.5%; F – ±1%; G – ±2%; J – ±5%; K – ±10%; M – ±20%; N – ±30%;
- napięcie znamionowe w V lub małymi literami:
m – 25 V; l – 40 V lub 50 V; a – 63 V; b – 100 V; c – 160 V; d – 250 V; e – 400 V; f – 600 V; h – 1 000 V; i – 1600 V;
- datę produkcji;
- oznaczenie okładziny zewnętrznej kondensatora – czarnym paskiem.

4.3.2 Kondensatory mikowe

Kondensatory mikowe są kondensatorami o parametrach dużo lepszych od pozostałych. Mają małe straty, które są jednocześnie prawie niezależne od temperatury i częstotliwości, oraz mały TWP. W związku z tym kondensatory mikowe mogą mieć zastosowanie w układach, w których wymagana jest stabilność parametrów w szerokim zakresie częstotliwości.
Dane techniczne są następujące:
- zakres pojemności znamionowych: od 10 pF do 50 nF;
- zakres napięć znamionowych od 50 V do 27 kV;
- tg δ dla pojemności znamionowych od 47 do 100 pF i częstotliwości 1 MHz wynosi

$$\frac{295-2C_n}{95}\cdot 10^{-3};\ C_n \text{ w pF};$$

dla pojemności od 100 do 1 000 pF i częstotliwości 1 MHz – 0,001; dla pojemności wyższych i częstotliwości 1 KHz – 0,002.

W zależności od TWP kondensatory mikowe dzieli się na grupy:
A – nieustalony TWP;
B – $+200 \div -200 \cdot 10^{-6}/°C$;
C lub W – $+100 \div -100 \cdot 10^{-6}/°C$;
D – $+100 \div -20 \cdot 10^{-6}/°C$;
E lub G – $+50 \div -50 \cdot 10^{-6}/°C$.

4.3.3 Kondensatory ceramiczne

Kondensatory ceramiczne typu 1 odznaczają się dużą stałością pojemności i TWP, małymi stratami i liniową zależnością pojemności od temperatury. Kondensatory te produkowane są z materiałów o różnym TWP, który może przybierać wartość dodatnią lub ujemną. Materiały dielektryka oznacza się literą oznaczającą znak TWP (N – ujemny, P – dodatni, NPO – zerowy) i liczbą wyrażającą nominalną wartość modułu TWP. W zależności od tolerancji TWP materiały ceramiczne dzieli się na grupy:
1A, 1B, 1F – w tabl. 4.3;
1C – zakres TWP $+140 \div -870 \cdot 10^{-6}/°C$;
1D – zakres TWP $+260 \div -1750 \cdot 10^{-6}/°C$.
Rodzaj materiału kondensatorów ceramicznych typu 1 oznaczony jest na korpusie kondensatora w sposób przedstawiony w tabl. 4.4 [43].
Pozostałe dane kondensatorów oznaczane są w sposób opisany w tabl. 4.5 i 4.6, a pokazany na rys. 4.6.

Tablica 4.3 Materiały ceramiczne grup 1A, 1B, 1F

Materiał	TWP $\times 10^{-6}/°C$	Tolerancje TWP $\times 10^{-6}/°C$		
		Grupa 1A	Grupa 1B	Grupa 1F
P100	+100	±15	±30	–
P33	+33			–
NPO	0			±60
N33	–33			–
N47	–47			±60
N75	–75			–
N150	–150			±60
N220	–220	±30	±60	–
N330	–330			–
N470	–470			–
N750	–750	±60	±120	±250
N1500	–1500	–	–	±250
N2200	–2200	–	–	±500
N3300	–3300	–	–	±500
N4700	–4700	–	–	±1000
N5600	–5600	–	–	±1000

Tablica 4.4 Oznaczenia materiałów kondensatorów ceramicznych typu 1

Materiał lub zakres TWP $\times 10^{-6}/°C$	Oznaczenie pełne	Oznaczenie skrócone
	Kolor emalii pokrycia kondensatora	Barwa punktu lub paska na jednobarwnym pokryciu kondensatora
P100	granatowy	ciemnoniebieska
P33	jasnoszary	różowa[1]
NPO	czarny	czarna
N33	jasnobrązowy	brązowa
N47	niebieski	–
N75	ciemnobrązowy	czerwona
N150	pomarańczowy	pomarańczowa
N220	żółty	żółta
N330	zielony punkt na pokryciu jasnoszarym	zielona
N470	biały	jasnoniebieska
N750	czerwony	fioletowa
N1500	zielony	dwie kropki pomarańczowe[2]
N2200	–	żółta i pomarańczowa
N3300	–	zielona i pomarańczowa
N4700	–	niebieska i pomarańczowa
N5600	–	czarna i pomarańczowa
+140 ÷ −870	–	szara
+250 ÷ −1750		biała

[1] Dawniej oznaczony kropką białą [42].
[2] Dawniej oznaczony kropką różową [42].

Tablica 4.5 Sposób oznaczania kondensatorów ceramicznych typu 1

Dane	Oznaczenie pełne	Oznaczenie skrócone
Pojemność znamionowa C_n i tolerancja	w pF	Pojemność, znak łamania i tolerancja bez znaków ± i miana
	w pF lub %, tolerancja ±0,5 pF może nie być cechowana	Tolerancja może być oznaczana dużymi literami [26]: B – 0,1%, C – ±0,25%, D – ±0,5%, F – ±1%, G – ±2%, J – ±5%, K – ±10%, M – ±20%, N – ±30%, Q – −10+30%, T – −10+50%, S – −20+50%, Z – −20+80% Dla kondensatorów o $C_n < 10$ pF B – ±1,0 pF, C – ±0,25 pF, D – ±0,5 pF, F – ±1 pF
Napięcie znamionowe U_n	w V lub kV z podaniem pp dla prądu impulsowego $U_n = 500$ V może nie być cechowane	Małymi literami: 25 V – m, 40 (5) V – l, 63 V – a, 100 V – b, 160 V – c, 250 V – d, 400 V – e, 630 V – f, 1000 V – h, 1600 V – i
Data produkcji	Cyframi arabskimi	
Kategoria klimatyczna	Dopuszcza się	Nie cechuje się
Znak wytwórni	Nie cechowanie	

Początek kodowania znakami barwnymi oznaczony jest większym paskiem lub kropką z odstępem od pozostałych znaków.

Ze względu na to, że często mamy do czynienia z kondensatorami produkcji zagranicznej, celowe jest podanie sposobu ich oznaczenia. Sposób ten nieco różni się od polskiego i tutaj ograniczymy się tylko do podania różnic. Materiał P100 wg oznaczeń zachodnioeuropejskich oznaczany jest dwoma paskami: czerwonym i fioletowym [37].

Tolerancja pojemności (czwarty znak) oznaczona jest następująco:

± 20% – pasek czarny;
± 10% – pasek biały;
± 5% – pasek zielony;
± 1% – pasek brązowy;
±0,5 pF – pasek zielony dla $C_n < 10$ pF;
±0,25 pF – pasek czerwony dla $C_n < 10$ pF;
±0,1 pF – pasek brązowy dla $C_n < 10$ pF.

Kondensatory ceramiczne płytkowe trapezowe bez końcówek używane w układach w.cz. mają inny system oznaczeń. Oznaczone są kropkami barwnymi w następujący sposób:

$C_n = 10$ pF, materiał NPO, tolerancja ±0,5 pF – kropka czarna;
$C_n = 16$ pF, materiał N470, tolerancja ± 5% – kropka niebieska;
$C_n = 22$ pF, materiał N750, tolerancja ± 10% – kropka fioletowa;
$C_n = 47$ pF, materiał N1500, tolerancja ± 10% – kropka pomarańczowa.

W tablicy 4.7 podano dane kondensatorów ceramicznych typu 1 i ich zastosowania.

Kondensatory ceramiczne typu 2 (ferroelektryczne) w porównaniu z kondensatorami ceramicznymi typu 1 mają dużo większe straty (tg δ: 0,025 ÷ 0,035) oraz większą i nieliniową zależność pojemności od temperatury i napięcia. Ich zaletą jest duża pojemność przy małych wymiarach ze względu na dużą przenikalność dielektryka. W zależności od zmian pojemności w funkcji temperatury i napięcia, kondensatory ferroelektryczne dzieli się na grupy w sposób pokazany w tabl. 4.8 [43]. Tolerancje pojemności znamionowych dla poszczególnych grup wynoszą:

– dla grup 2B i 2C – ±20%, −20 +50%, ±10%;
– dla grup 2D i 2E – −20 +50, −20 +80%;
– dla grupy 2F – −20 +80 i −40 +80%.

W tablicach 4.9 i 4.10 podane są sposoby oznaczania kondensatorów ferroelektrycz-

Tablica 4.6 Kod barwny do oznaczania kondensatorów typu 1 [43]

Barwa kropki lub paska	TWP (Materiał) Pierwszy znak	Pojemność znamionowa			Tolerancja C_n Piąty znak	
		1 cyfra Drugi znak	2 cyfra Trzeci znak	Mnożnik Czwarty znak	$C_n \leqslant 10$ pF	$C_n > 10$ pF
Czarna	NPO	0	0	1	–	–
Brązowa	N33	1	1	10	–	–
Czerwona	N75	2	2	100	–	2% (–)[1]
Pomarańczowa	N150	3	3	1000	–	–
Żółta	N220	4	4	–	–	–
Zielona	N330	5	5	–	–	–
Jasnoniebieska	N470	6	6	–	0,25 pF (–)[1]	–
Fioletowa	N750	7	7	–	–	–
Ciemnoszara	–	8	8	–(0,01)[1]	–	–
Biała	P33	9	9	–(0,1)[1]	1 pF	–(10%)[1]
Ciemnoniebieska	P100	–	–	–	–	–
Srebrna	–	–	–	0,01 (–)[1]	–	10% (–)[1]
Złota	–	–	–	0,1 (–)[1]	–	5% (–)[1]
Bez punktu	N47	–	–	–	5 pF	20% (–)[1]
Pomarańczowa i pomarańczowa	N1500	–	–	–	–	–
Żółta i pomarańczowa	N2200	–	–	–	–	–
Zielona i pomarańczowa	N3300	–	–	–	–	–
Niebieska i pomarańczowa	N4700	–	–	–	–	–
Czarna i pomarańczowa	N5600	–	–	–	–	–

[1] Według starszego typu kodowania [42].

Tablica 4.7 Kondensatory ceramiczne typu 1

Rodzaj kondensatora i grupa	Zakres C_n [pF]	Zakres U_n [V]	Rodzaj materiału	Zastosowanie
Perełkowy KCP, gr 1B	0,5÷12	250÷1000	P100, N47, N750	Obwody rezonansowe w.cz. i obwody o dużej stałości
Płytkowy KCP gr 1B i KCPf gr 1B	2,2÷120	63÷500	NPO, M150, N750, N1500	jak wyżej
KCP gr 1B i 1F	1÷200	160÷500	P100, P33, NPO, N47, N150, N750, N1500	Obwody rezonansowe i obwody, gdzie wymagana jest stałość C_n i małe straty
Foliowe KCPf gr 1B i 1F	11÷620	25, 50	P100, NPO, N47, N150, N220, N470, N750, N1500	jak wyżej
Monolityczne KCPm gr 1B	12÷4700	63	N47, N75, NPO, N150, N750	jak wyżej
Bezkońcówkowe monolityczne KCPm gr 1B	4,7÷10000	63	NPO	Obwody rezonansowe w.cz. miniaturowe urządzenia elektroniczne
Trapezowe bezkońcówkowe KCPt	10÷47	40	NPO, N470, N750, N1500	Kondensatory blokujące w układach w.cz.
Rurkowe KCR gr 1B	1,8÷1100	250÷500	P100, P33, N47, N150, N750	Sprzęt powszechnego użytku, obwody rezonansowe w.cz.
Rurkowe KCR 2×6 gr 1B	0,62÷2,5	250	N1500	jak wyżej
Rurkowe KCR 8×25 gr 1B	68÷150	1600	N750	jak wyżej
Rurkowe impulsowe KCR, –8 gr 1B	33÷68	7000	N750	Obwody impulsowe w.cz.
Rurkowe przepustowe KCRp gr 1B Ø 3,5 mm	4,7, 27	63, 250	N47, N750	Obwody w.cz.

Uwaga: Kondensatory ceramiczne typu 1 mają tg δ rzędu 0,001.

Tablica 4.8 Podział kondensatorów ceramicznych typu 2

Grupa	Dopuszczalne zmiany pojemności w % w odniesieniu do pojemności w temperaturze 20°C	
	od temperatury (w zakresie temperatur kategorii klimatycznej)	od temperatury i napięcia przy znamionowym napięciu stałym
2B	±10	−15/+10
2C	±20	−30/+20
2D	−30/+20	−40/+20
2E	−55/+20	−70/+20
2F	−80/+30	−90/+30

nych. Początek oznaczenia wyróżniony jest większą kropką lub paskiem z odstępem od pozostałych. Często spotyka się oznaczenie tylko trzema paskami określającymi pojemność znamionową w [pF].

Kondensatory produkcji zachodniej oznaczane są czterema lub pięcioma paskami, przy czym trzy pierwsze paski oznaczają pojemność znamionową, czwarty tolerancję, a piąty napięcie znamionowe. Tolerancja oznaczana jest tak, jak dla kondensatorów ceramicznych typu 1, a napięcie znamionowe następująco:

100 V – kolor zielony;
250 V – kolor czerwony;
400 V – kolor żółty;
630 V – kolor niebieski.

Oznaczenie odczytuje się od góry kondensatora lub od paska znajdującego się bliżej krawędzi kondensatora [5].

W tablicy 4.11 (str. 32) zestawiono dane kondensatorów ferroelektrycznych. Dokonano w niej innego podziału kondensatorów niż w katalogach w celu lepszego rozróżnienia ich rodzajów. Zostały one podzielone na grupy ze względu na kształt, sposób montażu i technologię. Kondensatory ferroelektryczne stosuje się w układach, w których ważna jest duża pojemność przy małych rozmiarach kondensatora i gdzie jednocześnie są mniej ważne straty i stałość pojemności.

Tablica 4.9 Oznaczenie kondensatorów ceramicznych typu 2 przy pomocy kodu barwnego [36]

Barwa kropki lub paska	Grupa Pierwszy znak	Pojemność znamionowa [pF]			Tolerancja Piąty znak
		Pierwsza cyfra Drugi znak	Druga cyfra Trzeci znak	Mnożnik Czwarty znak	
Srebrna	—	—	—	—	± 10%
Czarna	2B	0	0	1	−40/+80%
Brązowa	2C	1	1	10	—
Czerwona	2D	2	2	10	—
Pomarańczowa	2E	3	3	1000	−20/+50
Żółta	2F	4	4	10 000	−20/+80
Zielona	—	5	5	100 000	—
Jasnoniebieska	—	6	6	—	—
Fioletowa	—	7	7	—	—
Ciemnoszara	—	8	8	—	—
Biała	—	9	9	—	—
Bez punktu	—	—	—	—	± 20

Tablica 4.10 Oznaczanie kondensatorów typu 2 [43]

Dane	Cechowanie pełne	Cechowanie skrócone
Grupa	Litery i cyfry 2B÷2F	Litera B÷F lub punkt barwny wg tablicy 4.9
Pojemność znamionowa	Cyframi, miano w pF	Cyfry bez miana lub kod literowo-cyfrowy np. 1500 pF=1 n 5
Tolerancja	Cyframi, miano w %	Dużymi literami: K – ±10% M – ±20% S – –20/+50% Z – –20/+80% U – –40/+80%
Napięcie znamionowe	Jak dla kondensatorów ceramicznych typu 1 (tablica 4.5)	
Data produkcji		
Znak wytwórni		
Kategoria klimatyczna		

4.3.4 Kondensatory elektrolityczne

Na obudowie kondensatora umieszczone jest jego cechowanie opisujące go w sposób pełny lub skrócony.

Kondensatory dużych rozmiarów (np. aluminiowe KEM) opisane są w sposób pełny, a cechowanie takie obejmuje następujące dane:

- znak wytwórni;
- rodzaj kondensatora;
- pojemność znamionową w μF;
- napięcie znamionowe w V;
- oznaczenie biegunowości, kropką, symbolem lub opisowo;
- kategorię klimatyczną;
- datę produkcji.

Kondensatory aluminiowe i tantalowe o małych rozmiarach opisuje się w sposób skrócony umieszczając następujące dane:

- znak wytwórni;
- pojemność znamionową w μF;
- napięcie znamionowe w V;
- biegunowość.

W tablicy 4.12 zestawiono dane kondensatorów elektrolitycznych aluminiowych produkowanych w kraju. Kondensatory te mają pojemności znamionowe ustawione wg szeregu E6, przy czym najczęściej spotyka się wartości odpowiadające wyrazom: 1, 2,2 i 4,7. Tolerancje pojemności znamionowej wynoszą: −10 ÷ +100% dla kondensatorów o napięciach znamionowych mniejszych od 100 V i −10 ÷ +50% dla napięć większych od 100 V. Napięcia znamionowe zawierają się w granicach od 6,3 do 450 V. Zakres temperatur pracy kondensatorów aluminiowych wynosi od −25°C do +70÷80°C. Współczynnik strat tg δ jest bardzo duży i wynosi 0,2÷0,5 dla częstotliwości 100 Hz.

Tablica 4.11 Dane kondensatorów ceramicznych typu 2

Rodzaj kondensatora	Opis	Pojemność znamionowa	Napięcie znamionowe	Grupa
KFP płytkowy z końcówkami	krążek Ø 5 mm	330 pF, 1 nF	250 V	2B, 2E
	Ø 6 mm	150 pF	250 V	2B, 2E
	krążek Ø 10 mm grubość 7 mm	100 pF, 470 pF	2,7 kV	2B, 2E
	krążek Ø 6,5÷18,5 mm grubość 4 mm	6,8 pF÷4,7 nF 680 pF÷10 nF	160÷500 V 160÷500 V	2B 2E
KFPf płytkowy, foliowy z końcówkami	krążek Ø 6 mm grubość 4 mm	4,7 nF	63 V	2E
	krążek Ø 7,5 mm grubość 3 mm	6,8 nF÷10 nF	25 V	2F
	prostokąt 6,6×5÷17,5×17,5 mm grubość 3 mm	2,2 nF÷15 nF 4,7 nF÷100 nF	25 V 25 V	2E 2F
KFPm monolityczne z końcówkami	prostokąt od 4×4÷10×10 mm grubość 2,5÷5 mm	470 pF÷1 μF 10 pF÷10 nF	63 V 200 V	2C 2E
KFPm monolityczne bez końcówek	kwadrat 2×2÷7,8×7,8 mm grubość 1÷1,7 mm	470 pF÷1 μF	63 V	2C
	prostokąt 1×1,25÷5×5,7 mm grubość 1÷1,7 mm	25 pF÷330 nF	63 V	2C
KFP bez końcówek	krążek Ø 7 mm grubość 3 mm	470 pF 1 nF	250 V 250 V	2B 2E
KFPt trapezowe bez końcówek	trapez o wym. (mała podst. × wysokość)			
	3,2×10 mm	1nF, 1,5 nF	250 V, 400 V	2E
	8,2×10 mm	2,2 nF, 3,3 nF	250 V, 400 V	2E
	7×11 mm	2,2 nF, 3,3 nF	250 V, 400 V	2E
	4,5×7 mm	470 pF	40 V	2B
	4,5×7 mm	1 nF	40 V	2E
KFRp rurkowy przepustowy	walec Ø 4 mm			
	dł 12 mm i	1 nF, 1,5 nF	400 V	2E
	dł 16 mm	2,2 nF, 3,3 nF	400 V	2E

Tablica 4.12 Kondensatory elektrolityczne aluminiowe [43]

Rodzaj kondensatora	Zakres napięć znamionowych [V]	Zakres pojemności znamionowych [μF]
02/T z wyprowadzeniami osiowymi	6,3÷450	4,7÷4700
04/U z wyprowadzeniami równoległymi	6,3÷350	1÷2200
61/L mocowane obejmą	63÷450	220÷47000
KEN mocowane nakrętką	16÷450	22÷4700
KEO wielosekcyjne do druku	22÷4700 w różnych zestawieniach	

Uwaga: Zakres temperatur pracy kondensatorów aluminiowych wynosi od −25 do +70÷85°C.

Również duży jest prąd upływu. Można w przybliżeniu określić go następująco:

$$I\,[\mu A] = 0{,}05\left[\frac{1}{s}\right] \cdot C_n[\mu F] \cdot U_n[V]$$

dla $C_n U_n \leqslant 1000\ \mu C$
(ale nie mniej niż 5 μA)

$$I\,[\mu A] = 0{,}03\left[\frac{1}{s}\right] \cdot C_n[\mu F] \cdot U_n[V]$$

dla $C_n U_n > 1000\ \mu C$

Kondensatory elektrolityczne tantalowe charakteryzuje dość duża stałość parametrów, mały prąd upływu, mała indukcyj-

Tablica 4.13 Kondensatory tantalowe

Rodzaj kondensatora	Elektrolit	Zakres pojemności znamionowych [μF]	Zakres napięć znamionowych [V]	Wyprowadzenia
158D	stały	0,1 ÷ 330	6,3 ÷ 35	osiowe
164D	stały	0,1 ÷ 330	6,3 ÷ 80	osiowe
196D	stały	0,1 ÷ 330	6,3 ÷ 50	równoległe
ETO-1	ciekły	10 ÷ 80	6 ÷ 90	osiowe
ETO-2	ciekły	100 ÷ 1000	6 ÷ 90	osiowe

ność, dobre właściwości w niskich temperaturach. Stosuje się je tam, gdzie oprócz dużej pojemności ważne są powyższe właściwości. Pojemności kondensatorów tantalowych zawierają się w granicach od 1 do 100 μF, a napięcia znamionowe od 6,3 do 90 V. Tolerancje pojemności znamionowych dla kondensatorów z elektrolitem stałym wynoszą ±10, ±20, ±30%, a dla kondensatorów z elektrolitem ciekłym ±10, ±20 i –20/+50%. Tangens kąta stratności wynosi 0,08 dla częstotliwości 100 Hz i dla kondensatorów z elektrolitem stałym i 0,15 ÷ 0,4 dla kondensatorów z elektrolitem ciekłym. Prąd upływu zależy od typu i wykonania kondensatora i zawiera się od 1 do 40 μA. Zakres temperatur pracy wynosi od –55°C do +85°C [43]. W tablicy 4.13 zestawiono dane techniczne kondensatorów tantalowych produkowanych w kraju.

4.4 Uszkodzenia i naprawa

Najczęściej spotykanym uszkodzeniem kondensatorów jest przebicie elektryczne. Następuje ono po przyłożeniu zbyt wielkiego napięcia na okładki. Zniszczeniu ulega wtedy dielektryk i okładki zwierają się ze sobą.

Pewną zdolność do samoregeneracji mają kondensatory metalizowane, w których ciepło wydzielone w czasie przebicia powoduje odparowanie metalizacji wokół miejsca przebicia i izolowanie tego miejsca od okładek. Czasem udaje się uratować również przebity kondensator elektrolityczny przez odtworzenie warstwy dielektrycznej. Jeśli uszkodzenie kondensatora nie jest zbyt wielkie warstwa tlenku na anodzie aluminiowej regeneruje się, gdy przyłożymy do kondensatora napięcie zgodnie z jego polaryzacją. Należy wtedy utrzymywać prąd upływu na wartości znamionowej i stopniowo zwiększać napięcie.

W kondensatorze pojawia się czasem „przerwa". W kondensatorach zwijkowych i ceramicznych spowodowana jest ona urwaniem wyprowadzenia od okładki. W kondensatorach elektrolitycznych przyczyną może być również wyschnięcie elektrolitu ciekłego. Wysychanie elektrolitu następuje stopniowo, powodując powolną utratę pojemności.

Trzecim rodzajem uszkodzeń są uszkodzenia mechaniczne. Dwóch pierwszych rodzajów uszkodzeń najczęściej nie da się uniknąć, natomiast uszkodzeniom mechanicznym można zapobiec przez odpowiednio ostrożne obchodzenie się z kondensatorami. Należy pamiętać o tym, że:

- kondensatory ceramiczne są kruche i nie należy ich wyginać, podważać, zaginać ich końcówek zbyt blisko korpusu i chwytać szczypcami;
- kondensatory w plastykowych obudowach i te, w których dielektrykiem są tworzywa sztuczne, topią się pod wpływem wysokiej temperatury, nie należy więc dotykać ich lutownicą i strząsać na nie stopionej cyny;
- przy wylutowywaniu kondensatora należy wyciągać go trzymając za wylutowywaną końcówkę (jeśli to możliwe), a nie za korpus;
- lutowanie trzeba wykonywać możliwie szybko;
- końcówki kondensatorów monolitycznych typu KCPm i KFPm bardzo często odlutowują się od metalizacji wewnątrz obudowy, należy więc je wylutowywać szczególnie ostrożnie i tylko w koniecznych przypadkach;
- kondensatory zwijkowe bez twardej obudowy są wrażliwe na dotknięcie ostrymi narzędziami, które mogą przebić warstwę ochronną i spowodować zwarcie okładek.

Przebicie kondensatora jest łatwo wykrywalne za pomocą omomierza, kondensator ma wtedy rezystancję od zera do kilkuset kΩ. Należy pamiętać, że kondensatory elektrolityczne mają stosunkowo dużą upływność (p. 4.3), dlatego za pomocą omomierza można zakwalifikować taki kondensator jako uszkodzony tylko wtedy, gdy jego rezystancja jest wyraźnie mała, tzn. wynosi od zera do kilku kΩ. Omomierz należy włączać zgodnie z polaryzacją kondensatora.

„Przerwa" w kondensatorze jest uszkodzeniem sprawiającym dużo kłopotu. Przerw w kondensatorze nie można wykryć przez pomiar prądów i napięć w układzie. Gdy kondensator ma małą pojemność znamionową (mniejszą od ok. 0,5 μF) również omomierz nie nadaje się do tego celu. Kondensator o pojemności większej można sprawdzić omomierzem obserwując zachowanie się jego wskazówki. Jeśli kondensator jest dobry, wskazówka powinna się wychylić i powrócić do położenia spoczynkowego. Jej wychylenie jest tym większe i powrót tym wolniejszy im większa jest pojemność kondensatora. Do wykrycia przerwy w kondensatorach o małych pojemnościach konieczny jest miernik pojemności (np. miernik uniwersalny UM5B). Jeśli nie mamy miernika, podejrzany kondensator trzeba zastąpić nowym i obserwować działanie układu po jego włączeniu. Nowy kondensator można dołączyć równolegle do starego. Należy to robić przy wyłączonym zasilaniu, by uniknąć nieprzewidzianych skutków gwałtownego ładowania się dołączonego kondensatora.

Po wykryciu i usunięciu uszkodzonego kondensatora trzeba wlutować nowy pamiętając o prawidłowym spolaryzowaniu kondensatora elektrolitycznego i prawidłowym dołączeniu zewnętrznej okładki kondensatora zwijkowego. Na płytce drukowanej i schemacie układu jest oznaczany sposób włączenia kondensatorów elektrolitycznych, natomiast nie ma wskazówek, gdzie dołączyć zewnętrzną okładkę kondensatora zwijkowego. Często nie ma to znaczenia, lecz są układy, w których nieprawidłowe włączenie może spowodować wzrost zakłóceń lub wzbudzenie się układu. Okładka zewnętrzna jest bardziej narażona na zewnętrzne pole elektryczne, dlatego nie należy jej dołączać bezpośrednio do czułych wejść układów wzmacniających. Okładka zewnętrzna kondensatorów blokujących powinna być uziemiona.

Nowy kondensator powinien mieć takie same parametry jak uszkodzony, a jeśli nie mamy identycznego trzeba kierować się następującymi wskazówkami:

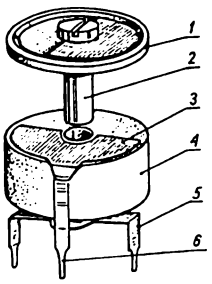
- identyczna pojemność i tolerancja wymagana jest w obwodach rezonansowych, pętlach sprzężenia zwrotnego i mostkach selektywnych;
- kondensatory blokujące i sprzęgające mogą mieć pojemność i tolerancję większe nawet 2 ÷ 3 razy. W pozostałych przypadkach można dopuścić różnicę do 50%.

Można stosować równoległe lub szeregowe połączenie innych kondensatorów, jeśli jest na to miejsce;
– napięcie znamionowe kondensatora zastępczego nie powinno być mniejsze. Trzeba jednak wziąć pod uwagę, że kondensator o większym napięciu znamionowym ma większe rozmiary;
– TWP powinien być identyczny w układach generacyjnych, filtrach i mostkach; w pozostałych układach nie ma on znaczenia;
– tg δ kondensatora zastępczego nie powinien być większy, szczególnie w układach w.cz.;
– kategoria klimatyczna ma znaczenie tylko w sprzęcie pracującym w trudnych warunkach klimatycznych;
– w przypadku kondensatorów elektrolitycznych trzeba zwrócić uwagę na datę produkcji, ponieważ w starym kondensatorze ulega rozpuszczeniu warstwa tlenku na folii anodowej.

Stary kondensator elektrolityczny przed użyciem trzeba uformować dołączając go do napięcia stałego zgodnie z polaryzacją na ok. $1 \div 2$ godzin. Napięcie formujące należy stopniowo zwiększać do znamionowego utrzymując prąd upływu na niskim poziomie (sprawdzając jego wartość na mikroamperomierzu).

5

Kondensatory dostrojcze (trymery)



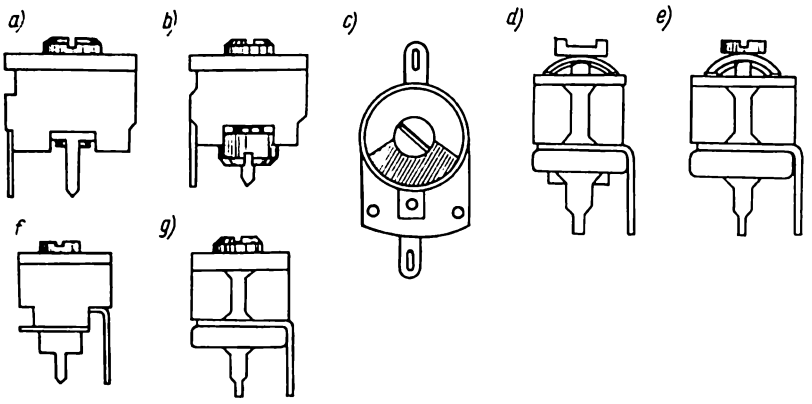
Rys. 5.1. Budowa trymera ceramicznego

W starym sprzęcie elektronicznym stosowane były trymery powietrzne i mikowe. Obecnie stosuje się trymery ceramiczne mające mniejsze rozmiary i większą odporność mechaniczną.

Trymer (rys. 5.1) jest zbudowany z korpusu ceramicznego *4*, na którym znajduje się okładzina z napylonego metalu *3* i obrotowego krążka *1* z drugą okładziną. Krążek zamocowany jest na osi *2* przechodzącej przez korpus, stanowiącej jednocześnie połączenie elektryczne okładziny z wyprowadzeniami *5*. Wyprowadzenie *6* okładziny znajdującej się na korpusie jest do niej bezpośrednio przylutowane. Pojemność trymera reguluje się zmieniając stopień pokrywania się okładzin.

Tablica 5.1 Trymery ceramiczne [43]

Rodzaj	Średnica [mm]	Numer rysunku	Materiał	Pojemność min [pF]	Pojemność max [pF]	Napięcie znamionowe [V]
TCP	10	5.2a	N47	3	10	25, 40, 63, 100
				4	15	160, 250
			N750	5	20	160, 250
				6	25	160, 250
				8	30	160, 250
				10	40	160, 250
			N1500	10	40	160, 250
				10	60	160, 250
	12	5.2b	N1500	5	80	400, 500
	16	5.2c	N750	4	15	400, 500
				6	25	400, 500
				8	30	400, 500
TCPps	10	5.2a	N47	3	10	250
				4	15	250
			N750	5	20	25, 40, 63, 100
				6	25	25, 40, 63, 100
				8	30	25, 40, 63, 100
				10	40	25, 40, 63, 100
TCP5d	5	5.2d	N47	3	8	63
			N750	4,5	15	63
			N1500	6	22	63
TCP7d	7	5.2e	N47	3	12	160
			N470	3,5	15	160
			N750	4,5	20	160
			N1500	7	35	160
KCPn5d	5	5.2f	N47	3	6	63
			N750	4,5	12	63
KCPn7d	7	5.2f	N47	3	12	160
			N470	3,5	15	160
			N750	5	20	160
			N1500	7	35	160
KCD7d	7	5.2g	N47	3	10	160
			N470	3,5	12	160
			N750	5	20	160
			N1500	7	30	160



Rys. 5.2. Trymery ceramiczne [43]

Trymery ceramiczne mają właściwości takie same jak kondensatory ceramiczne typu I ze względu na ten sam rodzaj materiału ceramicznego.

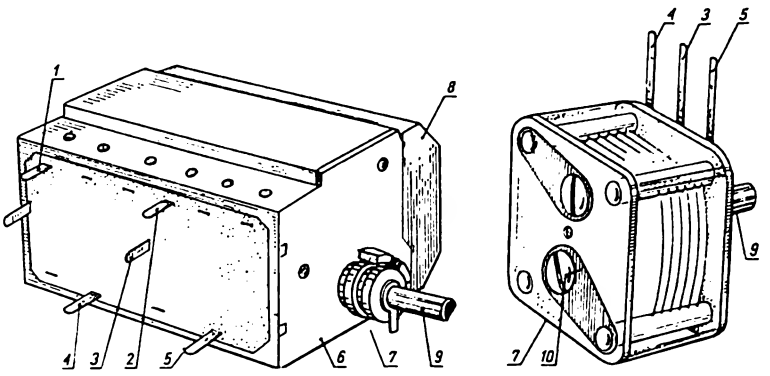
Są one bardzo ubogo cechowane: albo brak oznaczeń, albo oznaczona jest tylko wartość pojemności maksymalnej i minimalnej.

W tablicy 5.1 zestawiono wybrane dane techniczne trymerów, a na rys. 5.2 pokazano wygląd trymerów różnych rodzajów.

Trymery są elementami nienaprawialnymi. Przy ich wymianie obowiązują zasady podane w p. 4.4.

6

Kondensatory zmienne



Rys. 6.1. Kondensatory zmienne:
1 – wyprowadzenie sekcji obwodów wejściowych UKF, *2* – wyprowadzenie sekcji heterodyny UKF, *3* – wyprowadzenie rotora (masa), *4* – wyprowadzenie sekcji obwodów wejściowych AM, *5* – wyprowadzenie sekcji heterodyny AM, *6* – korpus, *7* – ogranicznik obrotu wałka, *8* – osłona plastykowa, *9* – wałek, *10* – wbudowany trymer

6.1 Budowa

Kondensatory zmienne używane są w odbiornikach radiowych do strojenia obwodów wejściowych (antenowych), zmiany częstotliwości heterodyny i czasem do strojenia obwodów wyjściowych wzmacniacza w.cz. Jeśli kondensator ma służyć do strojenia tylko zakresu AM lub FM składa się z dwóch lub trzech *sekcji*. Jeśli ma przestrajać obydwa zakresy ma odpowiednio większą liczbę sekcji. Kondensator zmienny składa się z dwóch podstawowych części: *rotora* i *statora*.

Stator zbudowany jest z płytek aluminiowych połączonych ze sobą elektrycznie i mechanicznie i ustawionych w takim odstępie, by mieściły się między nimi płytki rotora. Odizolowany jest od obudowy przez umieszczenie na izolatorach.

Rotor złożony z płytek przymocowanych do osi obraca się w łożyskach: z jednej strony znajduje się na ogół łożysko kulkowe, a z drugiej oporowe, którego położenie można regulować. Napęd rotora może być bezpośredni lub za pośrednictwem przekładni zębatej o konstrukcji umożliwiającej kasowanie luzów. W miniaturowych kondensatorach zmiennych między płytki rotora i statora włożone są płatki folii dielektrycznej. Folia ta zabezpiecza płytki przed zwarciami i tłumi drgania, zapobiegając zjawisku *mikrofonowania kondensatora*. Kształt płytki rotora jest tak dobrany, aby otrzymać odpowiednią charakterystykę zmian pojemności w funkcji kąta obrotu, zapewniającą liniowe przestrajanie częstotliwości odbiornika radiowego. Bezpośrednio do statora, a za pośrednictwem ślizgacza do rotora dołączone są kontakty wyprowadzeń. Rotor najczęściej jest połączony elektrycznie z korpusem (obudową) kondensatora.

Kondensator zmienny bywa zabezpieczany przed zabrudzeniem lub uszkodzeniem pokrywką ze sztucznego tworzywa.

Oprócz podstawowych sekcji niektóre typy kondensatorów zawierają wbudowane trymery. Ze względu na to, że coraz częściej stosuje się elektroniczne przestrajanie zakresu UKF za pomocą diod pojemnościowych, niektóre kondensatory zmienne są przystosowane do zamocowania potencjometru strojącego.

Na rysunku 6.1 pokazano wygląd kondensatorów zmiennych.

6.2 Parametry i dane techniczne

Kondensatory zmienne mają następujące parametry [43]:

– **TWP:**
dla kondensatorów kategorii 10/055/4:
$+100 \cdot 10^{-6}$/°C;
dla kondensatorów kategorii 25/070/10:
$-200 \cdot 10^{-6}$/°C;
– **współczynnik stratności** tg δ – 0,001;
– **wytrzymałość napięciowa**
sekcji obwodów wejściowych 140 V;
sekcji obwodów oscylatora 200 V;
– **tolerancje współbieżności i charakterystyki** – 1%
– **trwałość** – 10 000 cykli.

W tablicy 6.1 zestawiono typy i dane techniczne kondensatorów zmiennych produkowanych w Polsce.

Tablica 6.1 Kondensatory zmienne

Typ	Liczba sekcji	Zakres przestrajania sekcji ΔC [pF]	Przełożenie napędu	Uwagi
93.1.3.21	2	380/320	3:1	
93.1.6.21	2	380/320	6:1	Z osią do potencjometru lub bez
93.2.3.41	2+2	380/320; 2×14,7	3:1	
93.2.6.22	2	505/480	6:1	Z osią do potencjometru lub bez
93.2.6.41	2+2	380/320, 2×14,7	6:1	
93.2.6.42	2+2	380/320; 2×29,4	6:1	
93.2.6.43	2+2	380/320; 2×10,5	6:1	Z osią do potencjometru lub bez
93.2.6.44	2+2	2×253; 2×14,7	6:1	
93.3.6.31	3	380/380/320	6:1	
93.7.3.51	3	3×14,7	1:1	
93.7.3.61	2	2×8,5	1:1	

6.3 Uszkodzenia i naprawa

Najczęstszymi uszkodzeniami kondensatorów zmiennych są zwarcia między płytkami rotora i statora, spowodowane ich zgięciem lub zabrudzeniem. Objawem są trzaski i zaniki sygnału z odbiornika radiowego w czasie jego strojenia.

Jeśli płytki są pogięte, trzeba je wyprostować ostrożnie, by nie pokaleczyć ich powierzchni. Zadziory mogą być powodem zwarć. Przed prostowaniem należy usunąć brud i kurz utrudniający sprawdzenie odstępów. Odstępy można sprawdzić pod światło, po całkowitym schowaniu płytek rotora w płytki statora. Końcowego sprawdzenia dokonuje się omomierzem obracając oś rotora.

Kondensatory nie zabezpieczone osłoną łatwo ulegają zabrudzeniu, które również powoduje trzaski przy strojeniu. Suchy kurz można wydmuchać spomiędzy płytek, natomiast tłusty brud trzeba zmyć, najlepiej naftą. Kondensator trzeba w niej całkowicie zanurzyć i płukać silnym strumieniem ze strzykawki. Naftę usuwa się przez kąpiel w rozpuszczalniku benzynowym. Po wysuszeniu i sprawdzeniu czy nie ma zwarć, łożyska kondensatora trzeba nasmarować gęstym olejem w takiej ilości, by z nich nie wypływał, uważając przy tym, by nie zatłuścić płytek, ponieważ przyspieszyłoby to ponowne zabrudzenie. Przy okazji trzeba sprawdzić omomierzem pewność kontaktu ślizgacza z rotorem i ewentualnie dogiąć go.

W niektórych odbiornikach stosuje się kondensatory zmienne produkcji japońskiej zamknięte w obudowach z tworzywa sztucznego. Obudowa jest dość szczelna i dobrze zabezpiecza płytki przed kurzem i pogięciem, płyn jednak może się do niej dostać. Często jest to woda lub elektrolit z baterii, a czasem oliwa zakroplona przez właściciela radioodbiornika w celu ułatwienia obracania rotorem. Płytki takich kondensatorów są dość ciasno złożone z przekładkami plastykowymi i każdy płyn powoduje ich sklejenie. Może to być przyczyną całkowitego zniszczenia kondensatora przez obluzowanie płytek rotora na jego osi.

Jeśli rotor kondensatora obraca się ciężko lub w ogóle się nie obraca trzeba go rozebrać pamiętając jak był złożony. Płytki myje się jak opisano wyżej i składa nie dotykając ich palcami, lecz używając pensety.

III

ELEMENTY INDUKCYJNE

7

Cewki

7.1 Podział

Cewki są elementami indukcyjnymi używanymi głównie w obwodach rezonansowych. Dzielą się na **powietrzne (bezrdzeniowe)** i **rdzeniowe.**

Cewki powietrzne stosuje się w zakresie dużych częstotliwości, gdzie wymagane są małe wartości indukcyjności; w zakresie bardzo dużych częstotliwości cewki mają postać odcinka drutu lub ścieżki drukowanej.

Cewki rdzeniowe stosuje się wówczas, gdy wymagana jest duża wartość indukcyjności, dokładne przestrajanie i zmniejszenie lub zwiększenie wpływu zewnętrznych pól magnetycznych. Najczęściej stosuje się rdzenie magnetyczne ferrytowe i niemagnetyczne mosiężne. Czasem spotyka się cewki małej częstotliwości o rdzeniach z blach magnetycznych. Rdzenie magnetyczne powodują zwiększenie indukcyjności cewki, a rdzenie mosiężne jej zmniejszenie. Rdzenie cewek antenowych spełniają jeszcze jedną funkcję, którą jest skupianie linii sił pola magnetycznego wytwarzanego przez nadajnik radiowy wewnątrz cewki, przez co powodują silniejsze indukowanie się siły elektromotorycznej w jej uzwojeniu.

Rodzaje rdzeni ferrytowych i ich właściwości zestawiono w tabl. 7.1 (str. 40), a w tabl. 7.2 (str. 41) przedstawiono oznaczenia rdzeni dostrojczych; rdzenie te umieszczane są w oprawkach, których kolor oznacza rodzaj rdzenia.

Cewki rdzeniowe nawija się na korpusach z tworzywa sztucznego bez wyprowadzeń lub z wyprowadzeniami do lutowania końców uzwojeń. Korpusy bez wyprowadzeń przystosowane są do włożenia lub wklejenia w otwór w płytce drukowanej. Niekiedy korpus zawiera tylko rdzeń dostrojczy, a uzwojenie cewki wykonane jest na płytce drukowanej przez odpowiednie wytrawienie ścieżek. Na korpus z cewką nakłada się czasem rdzeń ekranujący i osłonę ekranującą z mosiądzu, miedzi lub aluminium. Uzwojenie najczęściej nawinięte jest warstwowo w jednej lub kilku warstwach. Dawniej dość często spotykało się nawinięcie koszykowe cechujące się małą pojemnością własną. Na jednym korpusie może być nawinięte kilka uzwojeń cewek sprzężonych ze sobą magnetycznie. Rodzaj przewodu, którym nawinięte są uzwojenia zależy od zakresu częstotliwości pracy. Cewki małej częstotliwości nawija się drutem miedzianym w emalii lub bawełnie. Cewki dla częstotliwości od kilku do kilkudziesięciu megaherców, ze względu na zjawisko naskórkowości, nawija się licą, tzn. linką złożoną z kilkunastu lub kilkudziesięciu cienkich izolowanych drutów. Cewki w.cz. nawija się grubym srebrzonym drutem miedzianym. Na rysunku 7.1 (str. 41) pokazano kilka rodzajów cewek.

7.2 Parametry

Najważniejszymi parametrami cewek są:

- **indukcyjność znamionowa;**
- **dobroć;**
- **stała indukcyjności;**
- **zakres przestrajania indukcyjności;**
- **współczynnik temperaturowy.**

Ponieważ cewki produkuje się do konkretnych zastosowań, **indukcyjności znamionowe** nie tworzą szeregów wartości, jak to było w przypadku rezystorów i kondensatorów i nie są również cechowane.

Dobroć cewki Q_L jest parametrem określającym jej jakość. Wartość dobroci zależy głównie od stosunku indukcyjności do rezystancji strat. Dobroć jest tym mniejsza, im większe są straty w cewce, a więc zależy od rodzaju przewodu, częstotliwości pracy itp. Cewki dzieli się na:
cewki o małej dobroci o Q_L od kilku do kilkudziesięciu;
cewki o średniej dobroci o Q_L od kilkudziesięciu do około dwustu;
cewki o dużej dobroci.

Stała indukcyjności cewki $A_L = L/Z^2$ jest wielkością charakteryzującą rdzeń i konstrukcję cewki, i określa zależność indukcyjności od liczby zwojów (Z).

Zakres przestrajania indukcyjności jest zależny od konstrukcji cewki i rodzaju rdzenia. Wyrażany jest w procentach. Wynosi on od kilkunastu procent dla cewek z rdzeniami ekranującymi i dostrojczymi do kilku procent dla cewek posiadających jedynie rdzenie dostrojcze.

Współczynnik temperaturowy indukcyjności α_L wyraża się wzorem

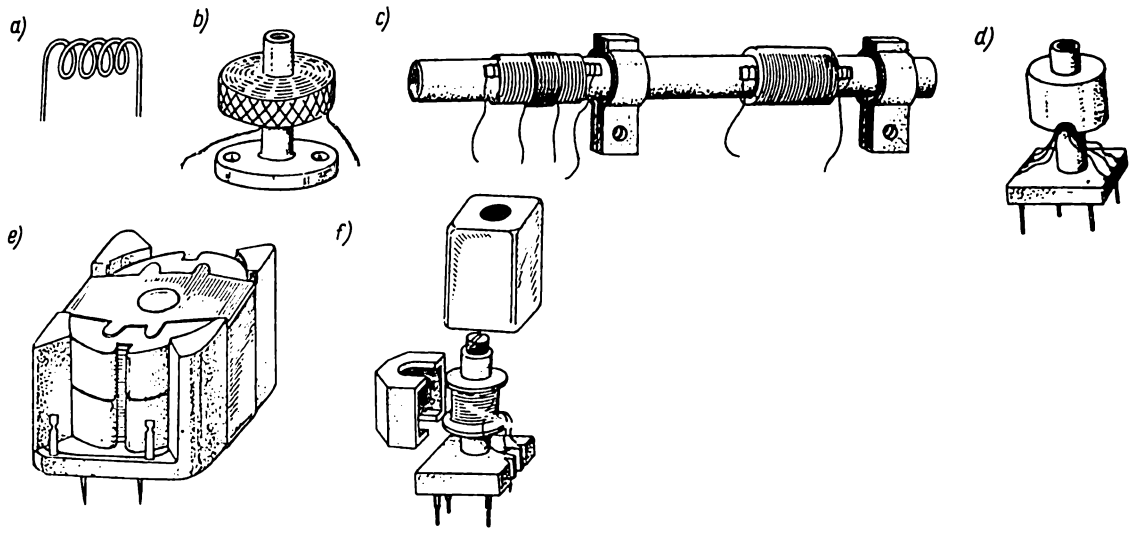
$$\alpha_L = \frac{L_2 - L_1}{L} \cdot \frac{1}{T_2 - T_1} \cdot 10^{-6}/^{\circ}C$$

gdzie: L_2 – indukcyjność w temperaturze T_2,
L_1 – indukcyjność w temperaturze T_1,
L – indukcyjność w temp. 23°C, $T_2 > T_1$,
przy czym T_1 lub T_2 jest równa 23°C.
α_L określa względną zmianę indukcyjności na 1°C.

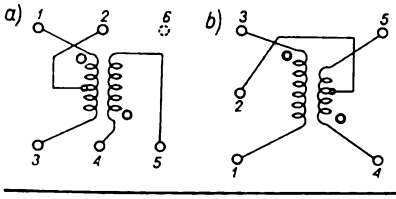
Tablica 7.1 Rdzenie ferrytowe [47, 20]

Rodzaj rdzenia	Zastosowanie	Materiał	Zakres częstotliwości pracy [MHz]	Zredukowany współczynnik strat[2]		Oznaczenie barwne[1]
				$\mathrm{tg}\,\delta/\mu_i \times 10^{-6}$	przy częstotliwości [MHz]	
Kubkowe i skrzydłowe ze szczeliną	Cewki o dużej dobroci do obwodów rezonansowych i filtrów	F82	1,5 ÷ 15	50 130	1 10	fioletowe
		F605	0,1 ÷ 1,6	8 30	0,1 1	białe
		F1501	⩽0,3	2,5 15	0,01 0,2	
		F2002 F2003 F3001	⩽0,15	2 6	0,01 0,1	
Komplety: garnkowe + + gwintowane	Cewki średniej dobroci do filtrów p.cz. i obwodów rezonansowych	U31	3 ÷ 60	110 800	5 50	pomarańczowe
		U11	3 ÷ 60	120 600	10 100	szare
		F82	1,5 ÷ 20	50 130	1 10	fioletowe
		F201	0,3 ÷ 3	25 70	0,2 2,0	zielone
		F1001	0,1 ÷ 0,6	4 25	0,01 0,2	czerwone
Walcowe, walcowe z otworem, gwintowane	Cewki średniej dobroci do obwodów rezonansowych	U11	10 ÷ 200	120 600	10 100	szare
		U31	6 ÷ 60	110 800	5 50	pomarańczowe
		F24	5 ÷ 40	150 500	3 30	jasnoniebieskie
		F82	1,5 ÷ 25	50 130	1 10	fioletowe
		F201	0,3 ÷ 3	25 70	0,2 2,0	zielone
		F605	0,1 ÷ 2	8 30	0,1 1,0	białe
		F101	0,05 ÷ 0,8	4 25	0,01 0,2	czerwone
Antenowe walcowe i płaskie	Cewki o średniej dobroci do obwodów rezonansowych	F82 (F81)	0,1 ÷ 25	50 110	1 10	fioletowe (granatowe)
		F201	0,1 ÷ 2,0	25 70	0,2 2,0	zielone
		F302	0,1 ÷ 2,0	30 70	0,2 2,0	brązowe
		F3001	⩽0,15	3 12	0,01 0,1	seledynowe

[1] Oznaczenie barwne nie zawsze występuje.
[2] μ_i — przenikalność rdzenia w zakresie słabych pól magnetycznych.



Rys. 7.1. Różne rodzaje cewek: a) cewka powietrzna, b) cewka nawinięta koszykowo, c) antena ferrytowa na rdzeniu walcowym, d) cewka z garnkowym rdzeniem ekranującym, e) cewka na rdzeniu kubkowym, f) cewka 7×7 ze zdjętą osłoną ekranującą i ekranującym rdzeniem wannowym



Rys. 7.2. Wyprowadzenia cewki 7×7: a) wersja *1*, b) wersja *2* [35]

Tablica 7.2 Oznaczenia rdzeni dostrojczych

Rodzaj rdzenia	Kolor oprawki
Do rdzeni kubkowych z materiału F82	niebieski
Do rdzeni kubkowych M14/11 z materiału F605	czarny
Do rdzeni kubkowych z materiału F1001	biały, żółty, zielony, czerwony lub czarny
Do rdzeni skrzydłowych RM5 z materiału F605	zielony, niebieski lub żółty
Do rdzeni skrzydłowych RM6 z materiału F1001	czarny, czerwony lub zielony
Do rdzeni skrzydłowych RM8 z materiału F1001	czerwony lub żółty
Rdzenie cewek p.cz. odbiorników telewizyjnych, obwodów w.cz. i oscylatorów z materiału:	
F201	zielony
F1001	czerwony
U31	kość słoniowa
U11	naturalna barwa polietylenu (mleczno-przezroczysta)

7.3 Oznaczenia i dane techniczne

W urządzeniach elektronicznych są stosowane różnorodne cewki. Większość z nich jest charakterystyczna tylko dla konkretnego typu urządzenia; ich parametry umieszczone są w instrukcjach serwisowych. Są jednak cewki typowe, stosowane w wielu urządzeniach. Takie cewki produkowane przez POLFER zestawiono w tablicach. Tablica 7.3 zawiera cewki o oznaczeniu firmowym 7×7 stosowane w filtrach p.cz., oscylatorach, obwodach detekcyjnych i innych, odbiorników radiowych i telewizyjnych (rys. 7.2). Umieszczone są one w obudowach ekranujących mosiężnych lub miedzianych o przekroju poprzecznym

Tablica 7.3 Cewki 7×7 [20]

Oznaczenie	Zastosowanie	Indukcyjność L [μH]	Wyprowadzenia uzwojeń[1)]	Wbudowany kondensator [pF]	Oznaczenie	Zastosowanie	Indukcyjność L [μH]	Wyprowadzenia uzwojeń[2)]
1	2	3	4	5	1	2	3	4
101	p.cz. AM, R	72,8	1–3, 4–2–5		231	p.cz. FM	2,11	3–2, 4–5
102	p.cz. AM	72,8	1–3		232	p.cz. FM	1,03	(3–1, 4–5)
103	det. AM	72,8	1–3, 4–5		301	O, S	168,0	1–2–3, 4–5
104	p.cz. AM, R	116,0	1–3, 4–2–5		302	O, S	120,0	1–2–3, 4–5

Tablica 7.3 cd.

1	2	3	4	5	1	2	3	4
105	p.cz. AM, R	72,8	1–3, 4–2–5		303	O, D	160,0	1–2–3, 4–5
106	p.cz. AM	64,8	3–1, 2–5		304	O, D	226,0	1–2–3, 4–5
107	p.cz. AM	122,0	1–3, 2–5		305	W, D	3720,0	3–1, 5–2
108	det. AM	64,8	1–3		306	W, S1	339,0	3–1, 5–2
109	det. AM	64,8	1–5–3, 4–2		307	W, S2	113,0	3–1, 5–2
110	det. AM	54,3	3–1, 5–6		308	W, S2	113,0	3–1, 5–2
111	det. AM	116,0	3–2–1, 6–5		309	W, S1	339,0	3–1, 5–2
113	p.cz. AM, R	408,0	1–2–3, 4–5		310	O, S1	124,0	1–3, 2–4, 5–6
114	det. AM	120,0	1–2–3, 4–5		311	W, D	762,0	1–3
115	p.cz. AM	541,0	1–3, 4–5		312	O, D	261,0	1–3, 2–4, 5–6
116	p.cz. AM	601,0	1–3, 4–5		313	O, S	390,0	1–3
117	p.cz. AM, R	545,0	1–2–3, 4–5		314	O, D	177,0	1–3
118	p.cz. AM, R	545,0	1–2–3, 4–5		315	W, D	322,0	1–3
120	p.cz. AM	1190,0	(3–2–1, 4–5)	100	316	W, D	3720,0	3–1, 5–2
122	p.cz. AM, R	358,0	1–2–3, 4–5		317	O, D	347,0	1–2–6–3, 4–5
123	p.cz. AM, R	408,0	1–2–3, 4–5		318	O, S	101,0	1–2–6–3, 4–5
124	p.cz. AM	123,0	1–2–3, 4–5		319	O, D	43,7	1–3
125	p.cz. AM	25,2	(3–1)		320	O, S	79,7	1–3
126	p.cz. AM	1190,0	(3–1, 4–5)	100	323	W, S	187,0	(3–1)
127	p.cz. AM	17,3	3–1, 2–5	6800	325	O	84,0	(3–1)
131	p.cz. AM	17,3	(1–3)	6800	329	O, S	145,0	(1–3, 4–5)
133	p.cz. AM	55,6	(3–1)		401	O, K	6,4	1–2–3, 4–5
134	p.cz. AM	123,0	(3–1)		403	O, K	6,02	1–2–3, 4–5
135	p.cz. AM	116,0	(3–1, 4–5)		408	K_o, K	43,3	1–3
137	det. AM	249,0	(3–1, 4–5)		409	O, S, D	5,55	1–3
139	p.cz. AM	468	(1–2–3)		410	O, S2	61,2	1–3, 2–4, 5–6
204	p.cz. FM	1,36	1–3, 4–5		413	R_r	22,5	(3–1)
216	p.cz. FM	2,07	3–1, 2–5		420	W, K	2,93	1–3
217	p.cz. FM	1,09	(1–3, 4–5)		421	O, K	1,85	1–3
218	det. FM	4,18	1–2–3, 4–5		422	W, K	6,4	1–3, 2–5
219	det. FM	6,71	1–2–3, 4–5		425	O, D	1,53	1–3
220	p.cz. FM	1,09	(3–1, 4–5)		426	W, K	2,9	(3–1, 4–5)
227	p.cz. FM	2,27	1–3, 4–5		426A	W, K	2,9	3–1
228	p.cz. FM	3,76	1–2–3, 4–5		427	W, K	1,0	(3–1, 4–5)
229	p.cz. FM	1,80	1–3, 4–5		427A	W, K	1,0	(3–1)
230	det. koincyd. FM	0,72	1–3		433	p.cz.	11,3	(3–1, 4–5)
434	W, K	7,0	(3–1, 4–5)		504	O, K	0,62	(3–2–5–1, 1–4)
434A	W, K	7,0	(3–1)		505	O, K	0,48	(3–2–5–1, 1–4)
435A	W, K	4,95	(3–1, 4–5)		506	W, K	0,61	(3–1, 4–5)
435A	W, K	4,95	(3–1)		506A	W, K	0,61	(3–1)
436	O, K	25,5	(3–2–1, 4–5)		507	W, K	0,8	(3–1, 4–5)
437	W, K	1,8	(3–1, 4–5)		508	F_p	0,49	(3–1)
437A	W, K	1,8	(3–1)		509	P 30 MHz	1,4	(3–1)
440	F	3,7	(1–3)		510	P 41,5 MHz	1,05	(3–1)
441	F	3,7	(1–3, 5–4)		511	F_p	0,7	(3–1)
444	G, K	1,3	(3–2–5–1, 1–4)		512	P 31,5 MHz	2,61	(3–1)
445	O, K	2,45	(3–2–5–1, 1–4)		513	P 39,5 MHz	0,62	(3–1)
446	O, K	1,97	(3–2–5–1, 1–4)		514	Obw. refer.	0,7	(3–1, 4–5)
447	O, K	1,5	(3–2–5–1, 1–4)		515	ARcz.	0,94	(3–1)
448	O, K	0,86	(3–2–5–1, 1–4)		516	det. ARcz.	1,02	(3–5–1)
450	P 6,5 MHz	9,25	(3–5–1)		517	p.cz. wizji	1,02	(3–2–1, 4–5)
459	P, F	9,37	(3–1, 4–5)		518	det. wizji	0,32	(3–1, 4–5)

Objaśnienia symboli:
R – rezonator piezoelektryczny; S – fale średnie; D – fale długie; K – fale krótkie; W – obwody wejściowe; O – oscylator; K_o – korektor; R_r – reduktor zakłóceń; F – obwód częstotliwości różnicowej; P – pułapka; F_p – filtr pasmowy.
Uwagi: Sposób oznaczania wyprowadzeń jest pokazany na rys. 7.2.
[1] Rys. 7.3a.
[2] Rys. 7.3b.

7,7×7,3 mm. Rdzenie dostrojcze wykonywane są z materiałów F24, F82 lub F605. Na cewkę bywa zakładany ekranujący rdzeń wannowy (rys. 7.1) z materiałów F24, F82 lub F201. Cewka może mieć wbudowany kondensator ceramiczny płytkowy (KCP). Na obudowie umieszczone jest oznaczenie składające się z trzech cyfr lub kropek barwnych. Cyfry umieszczone są na boku obudowy, a kropki na górze. Barwy kropek odpowiadają tym samym cyfrom co w przypadku rezystorów, a odczytuje się je w kierunku odwrotnym do wskazówek zegara.

Pierwsza cyfra lub kropka oznacza grupę konstrukcyjną:

1 – cewki do układów p.cz. AM o częstotliwości 465 kHz;
2 – cewki do układów p.cz. FM o częstotliwości 10,7 MHz;
3 – cewki (poza grupą 1) na zakres częstotliwości do 2 MHz;
4 – cewki (poza grupą 2) na zakres częstotliwości do 20 MHz;
5 – cewki na zakres częstotliwości do 60 MHz.

Druga i trzecia cyfra lub kropka oznacza kolejne wykonanie w ramach grupy.

Stała indukcyjności A_L cewek 7×7 jest różna w zależności od rodzaju materiału rdzenia i tego, czy stosuje się rdzeń ekranujący czy nie. Wartości stałej A_L podano w tabl. 7.4.

Tablica 7.4 Wartości stałej A_L rdzenia dla cewek 7 × 7 [35]

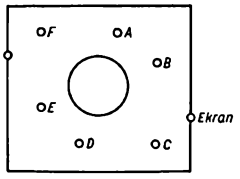
Materiał rdzenia dostrojczego	Materiał rdzenia ekranującego	Stała A_L [nH/Z²]
F605	F201	15,5
F—82	F82	10,2
F—82	—	7,0
F—24	F—24	7,6
F—24	—	6,2

W tablicy 7.5 zestawiono dane cewek 12×12. Mają one te same zastosowania co cewki 7×7 lecz wymiary 12,5×12,5×19 mm. Cewki te mają rdzeń ferrytowy gwintowany bez oprawki plastykowej. Na cewkę może być zakładany rdzeń ekranujący garnkowy.

Oznaczenia użyte w tablicy:
p.cz. – obwód pośredniej częstotliwości; R – rezonator piezoelektryczny; D – fale długie; S – fale średnie; K – fale krótkie; O – oscylator; W – obwody wejściowe; w.cz. – obwody wielkiej częstotliwości; komp. – obwody kompensacji; P – pułapka; F – częstotliwość różnicowa; dyskr. – obwód dyskryminatora; refer. – obwód referencyjny; DM – obwód deemfazy; Dl – dławik; podn. – podnośna; chrom. – chrominancja; dopas. – obwody dopasowujące; obw. ident. – obwody identyfikacji; C – kolor; dek. – obwód dekodera.

Tablica 7.5 Cewki 12×12 [20]

Oznaczenie	Zastosowanie	Indukcyjność [μH]	Wyprowadzenia uzwojeń
1	2	3	4
3-23A1	p.cz.AM	72,2	F–B, C–D–E
3-23A3	p.cz. AM	72,2	F–B
3-23A5	det. AM	72,2	B–F, C–E
3-23A9	det. AM	72,2	B–F, C–E
3-23A10	p.cz. AM	72,2	F–B, C–D
3-26A6	p.cz. AM, R	72,2	F–B, C–D–E
G6D	O, D	162,0	F–A–C, B–D
G3S	O, S	171,0	B–A–C, F–D
G6S	O, S	122,0	B–A–C, F–D
1-24F9	p.cz. FM	1,33	B–F, C–E
G3K	O, K	1,19	F–B–A, C–D
G4K	O, K	5,07	F–B–A, C–D
G5K	O, K	4,45	B–A–D–F, C–E
W4K	W, K	1,21	B–F, C–E
W5K	W, K	4,21	F–B, D–E
W6K	W, K1	4,45	B–A–F, Ć–E
W7K	W, K2	1,25	B–A–F, C–E
F-1	W. w.cz.	1,7	D–A
F-3	W. w.cz.	0,65	D–A
F-5	W. w.cz.	1,24	D–A
F-4	wzm. w.cz.	0,53	D–A
F-10	det. wizji	8,14	F–E, A–C
F-13	komp. p.cz. wizji	52,2	D–A
F-14	P fonii	19,2	D–A
F-15	filtr F	6,29	D–A
K-1	P 40,5 MHz	0,30	C–D
K-2	dyskr. F	31,2	F–B
K-3	P 30 MHz	0,40	C–D
K-4	dyskr. 38 MHz	1,29	C–D
K-5	p.cz. fonii	0,98	C–D
K-6	obw. refer.	0,66	A–F, C–D
K-7	p.cz. fonii	0,87	C–D
K-8	dyskr. F	35,63	F–D, C–A
K-9	dyskr. F	22,49	B–F
K-10	obw. ident. C	3,74	C–D
K-11	DM	3,60	C–D–E
K-12	dopas.l.op.	4,68	C–D
K-13	Dl. podn. chrom.	300	B-E
K-14	p.cz. fonii	0,70	F–B
K-15	dopas. l. op.	6,39	C–D
K-16	dopas. w. cz.	1,12	B–F
K-17	P 39,5 MHz	0,98	C–D
K-18	dyskr. 38 MHz	0,83	C–D
K-19	P 6,5 MHz	17,57	A–D
K-20	P, podn. chrom.	73,98	C–D
K-21	dyskr. 5,5 MHz	177,47	A–C–D
K-22	dyskr. 5,5 MHz	1,32	C–D
K-23	obw. ident. 5,5 MHz	28,11	C–D
K-24	dyskr. 5,5 MHz	21,62	C–D
K-25	P fonii	1,15	C–D
K-26	P 6,5 MHz	11,71	C–D
K-27	filtr podn. chrom.	100	B–E
K-28	dek. teletekstu	1,6	C–D
K-29	obw. refer.	0,33	C–D
K-30	dyskr. wizji	0,28	C–D
K-31	p.cz. fonii	0,64	A–D



Rys. 7.3. Wyprowadzenia cewki 12×12 [35]

Osłona ekranująca wykonana jest z miedziowanej blachy aluminiowej. Stała A_L tych cewek waha się w granicach od 7,2 do 25,5 nH/z^2 w zależności od rodzaju materiału rdzeni, rozmiarów rdzeni dostrojczych, obecności i sposobu założenia garnkowego rdzenia ekranującego i sposobu nawinięcia uzwojeń.
Wyprowadzenia tych cewek przedstawiono na rys. 7.3. Końcówka *C* jest oznaczona wgłębieniem w podstawce.

7.4 Uszkodzenia i naprawa

Cewki rzadko ulegają uszkodzeniom spowodowanym przez prąd elektryczny. Najczęstszym uszkodzeniem jest uszkodzenie mechaniczne, polegające na zerwaniu drutu, złamaniu korpusu lub pęknięciu rdzenia. Objawy uszkodzeń cewek mogą być bardzo różne, zależnie od funkcji w układzie. Może to być całkowity brak działania układu lub przerwy w działaniu. Takie przerwy spowodowane są często zerwaniem uzwojenia, bez przemieszczania jego końców, pęknieciem rdzenia lub zwarciem uzwojenia do osłony ekranującej.
Jeśli podejrzewamy, że któraś z cewek jest uszkodzona, najpierw trzeba obejrzeć ją dokładnie sprawdzając, czy nie jest pęknięty rdzeń, uszkodzony korpus lub ruchoma osłona ekranująca, a następnie sprawdzić omomierzem czy uzwojenia nie są przerwane, zwarte ze sobą lub z osłoną ekranującą. Przy sprawdzaniu można delikatnie poruszać korpusem cewki. Jeśli okaże się, że cewka jest uszkodzona – trzeba ją wylutować; należy to robić pamiętając o tym, że korpusy cewek są wykonywane z tworzyw sztucznych miękncących pod wpływem temperatury. Rozgrzane przy wylutowywaniu wyprowadzenia wychodzą z podstawki urywając końce uzwojeń i niszczą cewkę.
Przed wyjęciem cewki trzeba usunąć cynę ze wszystkich miejsc lutowania. Najlepiej do tego celu użyć ekranu plecionego zdjętego z przewodu ekranowanego. Ekran musi być czysty i nasączony kalafonią. Należy docisnąć go grotem gorącej lutownicy do miejsca lutowania – cyna wsiąka weń jak w bibułę. Należy unikać poruszania wyprowadzeń cewki. Do usuwania cyny raczej nie należy używać odsysacza cyny, który razem z cyną może wessać wyprowadzenie cewki.
Po usunięciu cyny trzeba odczekać około minuty, aby rozgrzane tworzywo korpusu cewki stwardniało, a następnie sprawdzić, czy końcówki cewki są oddzielone od miejsc lutowania i poruszają się w otworach płytki. Dopiero potem należy wyjąć delikatnie cewkę wypychając odlutowane końcówki (nie należy ciągnąć za korpus cewki).
Po wyjęciu cewki trzeba ją dokładnie obejrzeć przez lupę. Przede wszystkim trzeba sprawdzić, czy końce uzwojeń są dolutowane do wyprowadzeń i czy nie są przerwane. Jeśli stwierdzimy jedno z tych uszkodzeń najlepiej jest zdjąć osłonę ekranującą i przylutować uzwojenie do wyprowadzenia. Należy używać lutownicy o małych rozmiarach (o mocy np. 14 ÷ 16 W) o ostro zakończonym grocie. Jeśli przerwany jest drut uzwojenia przy wyprowadzeniu trzeba koniec drutu oczyścić z izolacji, pocynować i przylutować do wyprowadzenia. Lutować trzeba możliwie szybko, aby nie odkształcić korpusu i nie przemieścić wyprowadzenia.
Jeśli cewka 12×12 ma pęknięty rdzeń trzeba go wyjąć i zastąpić nowym o takich samych właściwościach. Rdzeń należy wyjmować delikatnie, żeby nie uszkodzić cewki. Najpierw należy usunąć drobne kawałki popękanego rdzenia (najlepiej igłą), a następnie wykręcać go od spodu wkrętakiem pamiętając o tym, że pęknięty rdzeń ma ostre krawędzie, a korpus cewki i jego gwint mogą być odkształcone. Żeby wykręcić rdzeń dostrojczy z cewki 7×7 z uszkodzoną oprawką można spróbować wtopić w nią na gorąco spłaszczony na końcu drut i użyć go jako wkrętaka. Drut nie może być zbyt gruby, by nie zniszczył korpusu cewki i zmieścił się w otworze rdzenia ferrytowego.

Nowy rdzeń trzeba wkręcać delikatnie, po usunięciu z korpusu wszelkich zanieczyszczeń. Jeśli czuje się za duży opór trzeba wyjąć rdzeń, oczyścić korpus i rdzeń i wkręcać ponownie. Do wkręcania rdzeni należy używać wkrętaków dobrze dopasowanych do otworu lub nacięcia rdzenia, trzymając je dokładnie osiowo.
W niektórych urządzeniach stosuje się cewki produkcji japońskiej, w których rdzeniem dostrojczym jest zewnętrzny rdzeń garnkowy. Pęknięty rdzeń można wyjąć po zdjęciu osłony ekranującej albo wymienić całą cewkę.

Jeśli nie mamy zastępczej cewki ani rdzenia trzeba wykonać taką cewkę na korpusie 7×7, który ma ten sam rozstaw wyprowadzeń, stosując rdzenie odpowiednie dla częstotliwości. W tym celu trzeba cewkę rozwinąć i zapisać sposób jej nawinięcia biorąc pod uwagę liczbę zwojów, sposób ułożenia zwojów i uzwojeń, miejsce wyprowadzenia początków i końców uzwojeń oraz średnicę drutu. Z układu pracy cewki wnioskujemy jaką rolę ona pełniła i jaką powinna mieć indukcyjność. Na ogół cewka pracuje w obwodzie rezonansowym i indukcyjność można wówczas obliczyć ze wzoru

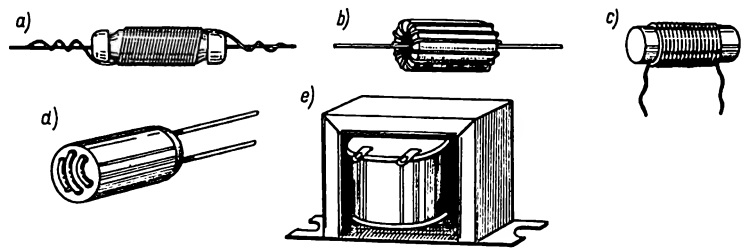
$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C}$$

gdzie: L – indukcyjność w henrach; f – częstotliwość rezonansowa w hercach; C – pojemność w faradach.
Następnie odczytując wartość stałej indukcyjności cewki A_L z tabl. 7.4 można obliczyć ilość zwojów

$$z = \sqrt{\frac{L}{A_L}}$$

gdzie: L – indukcyjność w nanohenrach.
Jeśli uszkodzona cewka zawierała kilka uzwojeń należy pamiętać o zachowaniu przekładni zwojowych w cewce zastępczej.

8
Dławiki



Rys. 8.1. Dławiki: a) na rezystorze, b) na rdzeniu z jednym otworem, c) na rdzeniu walcowym, d) na rdzeniu wielootworowym, e) na rdzeniu z blach

Dławiki są elementami indukcyjnymi niestrojonymi, używanymi głównie do eliminacji sygnałów zakłócających. Pracują najczęściej w układach filtrów z kondensatorami blokującymi. Wykonywane są przez nawinięcie przewodu na rdzeniu ferrytowym walcowym lub wielootworowym, na korpusie izolacyjnym, rezystorze itp.

Dławik powinien charakteryzować się dużą impedancją dla częstotliwości niepożądanych i małą dla częstotliwości użytecznych. Na przykład dławik o indukcyjności 10 μH ma przy częstotliwości 30 MHz impedancję ok. 1,5 kΩ, a przy częstotliwości 150 MHz ok. 20 kΩ [35]. Dużą rolę odgrywa sposób nawinięcia dławika, ponieważ wpływa na pojemność własną uzwojenia. Przy pewnej częstotliwości dławik wykazuje rezonans równoległy mając wtedy impedancję większą, niż to wynika z wartości jego indukcyjności. Powyżej tej częstotliwości impedancja dławika spada, dążąc do zera przy dużych częstotliwościach ze względu na bocznikowanie indukcyjności przez pojemność uzwojeń.

Indukcyjności dławików w zależności od przeznaczenia wahają się od kilku mikrohenrów dla dławików w.cz., do około 1 henra dla dławików filtrów zasilaczy. Na rysunku 8.1 pokazano różne rodzaje dławików.

Dławiki, podobnie jak cewki, najczęściej ulegają uszkodzeniom mechanicznym. Wyjątkiem są dławiki filtrów zasilaczy, które ulegają spaleniu w przypadku zwarcia w układzie zasilanym. Objawem uszkodzenia dławika jest wzrost zakłóceń, zanik sygnału użytecznego lub zanik zasilania.

Dławiki sprawdza się omomierzem. Jeśli mają przerwę trzeba je wymienić lub przewinąć. Przewijając dławiki w.cz. trzeba stosować taki sam sposób nawinięcia jak oryginalny. Dławiki filtrów zasilaczy przewija się tak jak transformatory (rozdz. 9), pamiętając przy składaniu o zachowaniu właściwej szczeliny magnetycznej w rdzeniu.

9 Transformatory

9.1 Podział

Ze względu na zastosowanie transformatory dzieli się na:
- **sieciowe;**
- **wyjściowe odchylania poziomego;**
- **impulsowe;**
- **wyjściowe mocy;**
- **foniczne.**

Transformator sieciowy jest przeznaczony do obniżania napięcia sieci do wartości potrzebnej do zasilania układów tranzystorowych i scalonych. W dawniej stosowanych układach lampowych ich zadaniem było czasem podwyższanie napięcia sieci. Może być przystosowany do zasilania z **jednego lub kilku napięć sieci** (przełączane uzwojenia pierwotne) i może dostarczać jednego lub kilku napięć po stronie wtórnej. W zależności od rodzaju prostowników stosowanych w zasilaczu, uzwojenia wtórne mogą być symetryczne lub niesymetryczne.

Transformator wyjściowy odchylania poziomego (transformator odchylania linii, transformator wysokiego napięcia) jest stosowany w odbiornikach telewizyjnych wszystkich typów. Jest to transformator skomplikowany ze względu na wiele spełnianych jednocześnie funkcji:
- sterowanie cewkami odchylania poziomego;
- wytwarzanie wysokich napięć do zasilania kineskopu;
- dostarczanie sygnałów dla generatora odchylania poziomego;
- dostarczanie sygnałów do kluczowania ARW i inne.

Większość uzwojeń transformatora odchylania linii jest połączona ze sobą galwanicznie (w układzie autotransformatora).

Transformator impulsowy ma za zadanie przeniesienie impulsów prostokątnych z możliwie małymi zniekształceniami, zapewniając jednocześnie izolację galwaniczną współpracujących układów. Jest stosowany w odbiornikach telewizyjnych do sterowania układów impulsowych, takich jak układy odchylania i przetwornice.

Transformatory wyjściowe mocy obejmują **transformatory głośnikowe i transformatory odchylania pionowego** (ramki). Ich zadaniem jest obniżenie bardzo wysokiej impedancji wyjściowej lampy końcowej (najczęściej pentody) w celu dopasowania jej do małej impedancji cewek odchylających lub głośnika. Są stosowane w odbiornikach telewizyjnych zawierających lampy elektronowe pracujące jako wzmacniacze mocy sygnału fonii i odchylania pionowego.

Transformator foniczny napięciowy jest stosowany w celu dopasowania poziomu sygnału z mikrofonu dynamicznego do czułości wzmacniacza. Powinien przenosić wymagane pasmo częstotliwości akustycznych z minimalnymi zniekształceniami. Transformatory te są wykonywane jako miniaturowe.

9.2 Budowa

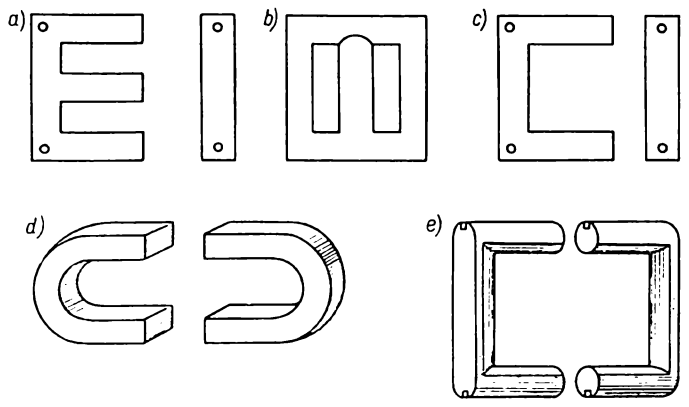
Transformator składa się z **rdzenia, karkasu, uzwojeń** i konstrukcji mocującej.

Rdzeń jest wykonany z materiału o dużej przenikalności magnetycznej, np. ze stopów żelaza z krzemem, niklem i in. lub ferrytu. Rdzenie są złożone z kształtek; rdzenie blaszane najczęściej z kształtek typu EI, M, UI i C (rys. 9.1). Kształtki typu EI, M i UI składane są w pakiet naprzemiennie (raz w jedną stronę, raz w drugą). Kształtki typu C to podkówki powstałe przez rozcięcie na dwie części owalnego zwoju sklejonej blachy. Rdzenie ferrytowe składane są z kształtek typu E, EI i U. Rdzeń włożony jest w karkas, czyli szpulkę z materiału izolacyjnego odpornego na przebicie napięciowe i temperaturę, na której nawinięte są uzwojenia. Karkasy mogą być pojedyncze, zakładane na środkową kolumnę rdzenia lub podwójne, zakładane na przeciwległe ramiona kształtki typu U lub C. Uzwojenia nawija się drutem miedzianym emaliowanym o średnicy zależnej od prądu.

W transformatorach większej mocy uzwojenia nawija się warstwami z przekładkami między nimi ze względu na duże napięcia występujące między zwojami i warstwami. Transformatory małej mocy, mające dużo zwojów, bywają nawijane bez przekładek izolacyjnych. Uzwojenia są zawsze izolowane od siebie. Przekładki izolacyjne wykonuje się z preszpanu, ceratki lub folii poliestrowej. Mają one nieco większą szerokość niż karkas i są ponacinane na krawędziach by ułożyły się tak, aby zabezpieczyć zwoje przed zsuwaniem się do niższej warstwy.

Czasem między uzwojenie pierwotne i wtórne wkłada się ekran z folii metalowej lub uzwojenie ekranujące dołączane jednym końcem do masy. Ekran zmniejsza zakłócenia przedostające się z uzwojenia pierwotnego do wtórnego przez pojemność między tymi uzwojeniami.

Końce uzwojeń transformatora dolutowuje się do wyprowadzeń lub łączówek znajdują-



Rys. 9.1. Rdzenie transformatorów: a) typu E, b) typu M, c) typu UI, d) zwijany typu C, e) ferrytowy typu U

cych się na karkasie, albo wykorzystuje się je bezpośrednio jako przewody łączące transformator z układem. Po złożeniu transformator zalewa się specjalnym lakierem elektroizolacyjnym lub cerezyną w celu impregnacji oraz unieruchomienia uzwojeń. Transformatory mocuje się do urządzenia przez przykręcenie wkrętami lub wlutowanie w płytkę drukowaną.

9.3 Oznaczenia i dane techniczne transformatorów [37]

Oznaczenie transformatora stosowane w Polsce składa się z liter i cyfr. Litery oznaczają rodzaj transformatora:

TS – transformator sieciowy;
TG – transformator głośnikowy;
TGP – transformator głośnikowy do układu przeciwsobnego;
TGR – transformator głośnikowy do radiofonii przewodowej;
TWOP – transformator wyjściowy odchylania pionowego;
Td – transformator miniaturowy do druku;
TVL – transformator odchylania poziomego.

Cyfry w oznaczeniach transformatorów sieciowych i głośnikowych oznaczają moc transformatora i numer wykonania. Na przykład transformator oznaczony TS 8/12 jest dwunastym wykonaniem transformatora sieciowego o mocy 8 W.

Istnieją transformatory o oznaczeniach niezgodnych z powyższą zasadą (np. transformatory zebrane w tabl. 9.5). W tablicach 9.1 do 9.5 podano dane techniczne potrzebne przy naprawach.

Tablica 9.1 Transformatory sieciowe [51]

Typ	Napięcie zasilania [V]	Przy zwarciu końcówek	Końcówki uzwojenia pierwotnego	Maksymalny prąd biegu jałowego [mA]	Napięcie wtórne [V]	Na końcówkach	Przy maksymalnym prądzie obciążenia [A]	Zastosowania
1	2	3	4	5	6	7	8	9
TS2/14	220		3,4	20	8,2	5,8	0,22	ZSO2/6/1
TS2/15	220		3,4	20	10,1	5,8	0,18	ZSO15/9/2
TS2/16	220		3,4	20	6,0	5,8	0,22	ZSO2/31
TS3/3	220	3'—1"	1',3"	5	4,2	2',4'	0,35	MK122
	110	1'—1", 3'—3"	1',3'		4,2	2",4"	0,35	
TS3,8	220				3,7		0,3	B-113
					3,7		0,3	
TS4/7	220		3,4	15	7,0	1,2	0,3	MK2500
TS5/3	220		1,2	45	10,0	3,4	0,5	OR Nina
TS5/5	220	10—11	9,12	50	15,6	1,3	0,3	G601
TS5/6	220		9,12	35	10,0	1,4	0,5	OR Luxor, OR Luiza
TS5/9	220		1,4		8,0		0,4	
TS6/3	220	2—3	1,3	27	8,5	5,6	0,7	Party Hit
	110	1—2, 3—4	1,4					
TS6/5	220		10,12	27	5,5	5,6	1,0	Mister Hit
TS6/10	220			50	11,5	1,3	0,25	OR Ślązak
					11,5	2,3	0,25	
			1,3		5,6	3,4	0,3	

Tablica 9.1 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
TS6/12	220			27	8,5	7,9	0,7	PMP 101
TS6/16	220				8,5		0,7	
	110							
TS6/17	220				9,2		0,26	
					9,2		0,26	
					10,0		0,1	
TS6/19					10,0		0,142	
					10,0		0,142	
TS6/21	220				8,5		0,3	
			7,9		8,5		0,3	
TS8/1	220		1,1'	35	11,5	1,3	0,6	ZOT-1
TS8/3	220	2—2'	1,2	30	10,1	3,3'	0,37	MK-125
TS8/8	220		11,12	45	6,8	3,4	1,1	OR Dorota
TS8/10	220			60	10,5	4,5	0,35	
			1,4		10,5	5,6	0,35	
TS8/12	220	2—3	1,3	50	7,5	5,6	0,9	WG414
	110	1—3, 2—4	1,4					
TS8/13	220	2—3	1,4	50	10,4	5,7	0,35	WG414
	110	1—3, 2—4			10,4	7,6	0,35	
TS8/17	220		1,4		10,8		0,5	
TS10/3	220	2—3	1,3	35	9,1	5,6	1,0	Party Hit Neu
	110	1—2, 3—4	1,2					
TS10/4	220		1,4	45	13,5	3,4	0,65	OR Maja
TS10/5	220	2—3	1,3	45	9,1	5,6	1,0	Party Hit Neu
	110	1—2, 3—4	1,6					
TS10/7	220	2—5	1,6	50	12,0	8,11	0,15	M2408SD
	127	1—4, 3—6	1,6		23,0	7,12	0,3	
	110	1—5, 2—6	1,4					
TS12/1	220	2—3	1,3	27	5,5	5,6	2,0	Stereo Hit
	110	1—2, 3—4	1,4					
TS12/2	220	2—3	1,3	35	9,1	5,6	1,2	Stereo Hit Neu
	110	1—2, 3—4						
TS12/3	220	2—3	1,4	50	11,5	5,6	1,0	WG700f
	110	1—2, 3—4	1,3					
TS12/4	220	2—3	1,4	45	9,1	5,6	1,2	Stereo Hit Neu
	110	1—2, 3—4	1,3					
TS15/4	220		1,4	40	15,7	9,10	0,5	OR Fagot OR Meluzyna
					15,7	10,12	0,5	
TS15/16	220		1,4	50	13,5	9,10	0,5	G1100fs
					13,5	10,11	0,5	
TS15/17	220		1,4	40	29,8	9,12	0,15	OR Kleopatra
					15,0	10,12	0,15	
					10,8	7,12	0,14	
					5,5	8,12	0,57	
TS15/18	220		1,4	40	5,9	14,15	0,4	OR DMP501
					11,7	10,11	0,94	
TS15/19	220		1,4	40	13,6	14,15	0,5	STH102, STH103
					34,7	16,13	0,17	
					5,65	13,6	0,22	
TS18/4	220		1,2	60	10,6	6,7	1,7	WG510
TS18/6	220	3—4	1,2	75	13,3	6,7	1,3	ZNS-4, WG-900,
	110	1—4, 3—2	1,2					WG902f Artur
TS20/1	220		1,4	40	9,0	9,10	1,0	OR Jubilat Stereo
TS20/11	220		1,4	40	9,0	9,10	1,0	OR Contessa
TS20/14	220				12,5		1,5	OR Klaudia
TS20/16	220				13,8		1,2	
TS25/1	220		1,2	45	16,0	3,4	1,4	

Tablica 9.1 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
TS25/5	220				25,0		0,7	
					10,5		0,6	
					11,5		0,06	
TS25/6	220				11,7		1,95	
					11,7		0,95	
					5,9		0,5	
					32,0		0,05	
TS40/40	220	2—11	1,4	80	19,0	9,10	1,0	ZK240
	110	1—2, 4—11	1,4		19,0	10,12	1,0	
TS40/41	220		1,2		23,0	9,11	1,3	W800f
					28,0	9,12	1,3	
TS40/42	220	3—5', 2—4'	2,3	80	19,5	1,2'	1,0	ZK246
					19,5	4,6'	1,0	
TS40/43	220	3—5', 2—4'	3,4'		17,0	6,1'	2,0	MK146, ZK146, Finezja 536SD
TS40/44	220	2—4'	3,5'	60	13,1	4,6'	1,3	OR Filomena
					13,1	1,2'	1,3	
TS40/46	220	1—6	1,6'	60	14,2	2,5'	0,84	DK1110
	110	1—1', 6—6'	1,6'		6,2	5,2'	0,7	
					4,8	3',4	3,5	
TS40/49	220		3—5'	80	19,5	6,6'	1,0	M531S
					19,5	1,1'	1,0	
TS40/51	220		3'—4	60	23,0	2,5'	1,0	OR Amator Stereo
					5,9	1,6'	1,35	
TS40/52	220	2—5'	1,4'	80	19,8	1',4	1,0	ZK246
	127	3—4', 1—6'	1,4'		19,8	6,3'	1,0	
	110	2—4', 1—5'	1,4'					
TS40/53	220	2—5'	1,4'	80	16,5	3',4	2,0	M2405S, MTV-50
	127	3—4', 1—6'	1,4'					
	110	2—4', 1—5'	1,4'					
TS40/54	220	4—3'	6,1'	80	20,0	1,6'	1,8	OR Ślązak Stereo
	110	6—3', 4—1'	6,1'		5,9	3,4'	1,1	
TS40/57	220	3'—4	2'—5	40	15,0	2—5'	2,3	OTV Vela
	110	3'—5, 2'—4	2'—5					
TS40/6	220				17,0 lub		2,0 lub	M531S
					18,4		0,9	
					8,0			
TS40/68	220				6,3		0,3	
					26,2		1,5	
TS50/11	220				15,3		2,6	OTV Vela
	110							
TS50/12	220	4—4'	6,6'	80	25,0	8,8'	2,0	M2407S
	127	4—6', 4'—6	6,6'		9,5	12,12'	0,45	
	110	2—6', 2'—6	6,6'					
TS50/13	220				15,0		2,6	
TS70/4	220		1,2	150	25,7	3,4	2,2	OR Elizabeth
					5,9	5,6	2,3	
					35,8	7,8	0,05	
TS70/5	220				5,8		1,1	OR DSS201
					26,0		2,28	
TS80/7	220		5,8	150	45,0	11,12	2,0	OR Meluzyna
					5,5	9,11	0,05	
TS80/8	220				15,6		2,6	
	110				15,6		2,6	
TS80/9	220	14—15	13,16	90	17,0	9,4	3,0	PA2501, PA1801
	110	13—14	13,16		17,0	4,10	3,0	
		15—16			21,6	6,7	0,4	
					28,0	7,8	0,4	

Tablica 9.1 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
TS80/11	220		5,8	150	45,0	11,12	2,0	OR Kleopatra
					5,5	9,10	0,05	
TS80/12	220		13,16	150	12,0	1,2	2,5	OR Compact
					12,0	2,3	2,5	
					39,5	4,5	0,3	
					14,2	6,7	0,5	
					5,5	5,8	1,0	
TS90/3	220	14—15	13,16	80	35,0	1,2	1,4	WG610f
	110	13—15, 14—16	13,14		35,0	2,3	1,4	
					6,8	9,10	0,15	
TS90/10	220				23,0		2,0	
	110				23,0		2,0	
					8,5		0,05	
TS90/11	220				19,0		2,2	WS311D
	127				19,0		2,2	
	110				18,5		0,15	
					18,5		0,15	
TS100/1	220		1,8		6,3	10,11	0,15	
					15,6	12,13	0,3	
					32,0	14,15		
					32,0	15,16		
TS100/5	220				22,5		2,0	WS-303
	110				22,5		2,0	
					8,4		2,0	
					28,0		0,4	
TS120/1	220		2,3	150	20,0	10,11	0,25	OR Radmor 5100
					20,0	11,12	0,25	
					16,8	13,14	2,5	
					16,8	14,15	2,5	
					6,1	8,7	1,0	
					6,1	7,6	1,0	
TS120/3	220		4,6	90	16,5	9,11	3,0	
					16,5	11,13	3,0	
					21,6	14,15	0,4	
					28,0	14,16	0,4	
					14,8	10,11	2,2	
					14,8	11,12	2,2	
TS120/7	220				14,7		3,5	
					14,7		3,5	
					5,5		3,0	
					33,0		0,15	
TS120/9	220				25,8		2,5	
					25,8		2,5	
					22,8		2,0	
					22,8		2,0	
					8,5		0,05	
TS120/10	220				19,0		2,1	WS301S Trawiata
	110				19,0		2,1	
					37,0		0,15	
TS250/2	220	3—4	2,5	150	12,0	8,9	0,2	PA428
	110	2—4, 3—5	2,5		78.0	10,11	3,0	
TS70/1	220				24,0		0,4	OTV Neptun 632,
					24,0		0,4	Neptun 432
					80,0		0,3	
					207,0		0,5	

Uwaga. Numery końcówek są oznaczone na karkasie.

Tablica 9.2 Transformatory wyjściowe głośnikowe i odchylania pionowego [37]

Typ	Uzwojenie pierwotne		Uzwojenie wtórne		Przekładnia		Indukcyjność główna	Pasmo przenoszenia	Rezystancja obciążenia	Zastosowanie
	rezystancja [Ω]	końcówki	rezystancja [Ω]	końcówki	zwojowa	dla uzwojeń	[H]	[Hz]	[Ω]	
TGp2--18	1,7	8,9	0,24	1,2	5	8,9/1,2	0,4	80÷15000	5	OR Ewa
			0,33	2,3	3,8	8,9/2,3				
TG2---20	627	7,8	0,42	5,6	44	8,7/6,5	10	50÷14000	4	Magn. Grundig
TG2,5—1	400	1,4	0,58	5,6	37	1,4/5,6	10	100÷15000	5	OTV
			0,28	6,3	25,5	1,4/5,3				
			5,8	8,7	37	1,4/7,8				
TG5- 46	308	3,4	0,46	5,6	37	3,4/5,6	10			OTV Libra
			4,21	1,2	37	3,4/7,8				
			2,0	7,8						
TG5---53	400	3,4	0,77	5,6	37	3,4/5,6	10			OTV Libra
			2,5	7,8	37	3,4/7,8				
			5,0	1,2	78,5	3,4/1,2				
TWOP21	430	1,4	14	2,3	7,27	1,4/2,3	25			OTV Neptun
TWOP22 (TWOP7/80/30)	265	1,4	9,6	2,3	7,27	1,4/2,3	20			OTV Libra

Tablica 9.3 Transformatory miniaturowe do wzmacniaczy m.cz. odbiorników radiowych

Typ	Pasmo przenoszenia [Hz]	Przekładnia zwojowa	Impedancja wejściowa/ /Impedancja wyjściowa [Ω/Ω]
Td48	300÷15000	0,76	2600/1200
Td410	200÷20000	1,0	4700/20000

9.4 Uszkodzenia i naprawa

Najczęściej występującym uszkodzeniem transformatorów jest spalenie uzwojeń wynikające ze zwarcia zwojów lub przegrzania. Niejednokrotnie może dojść również do zniszczenia karkasu.

Transformator opłaca się naprawiać tylko wtedy, gdy jest nietypowy lub trudny do kupienia. Jeśli można kupić nowy transformator, to lepiej to uczynić, ponieważ naprawa jest przedsięwzięciem pracochłonnym.

Naprawę należy zacząć od rozebrania transformatora na części. Transformatory są impregnowane specjalnym lakierem. Lakier wnika bardzo głęboko i dość dokładnie skleja rdzeń, karkas i uzwojenia. Rozpuszczenie lakieru trwałoby bardzo długo, trzeba więc go zeskrobać ze wszystkich dostępnych miejsc, po czym zdjąć z rdzenia obejmy ściskające i elementy mocujące. Następnie czymś ostrym, np. nożem lub blachą, trzeba oddzielić rdzeń od karkasu, wpychając lub wbijając to narzędzie między rdzeń a karkas. Trzeba to robić ostrożnie, by nie spowodować pęknięcia karkasu. Wyjęty rdzeń trzeba rozebrać na części. Szczególnie ostrożnie należy traktować rdzenie ferrytowe ze względu na ich kruchość; nie należy ich uderzać i ściskać twardymi narzędziami. Można próbować je złamać w miejscu klejenia chwytając rdzeń przez przekładki np. tekturowe.

Rdzenie zwijane również wymagają dość ostrożnego traktowania ze względu na możliwość zniekształcenia lub rozwarstwienia. Rdzeń zniekształcony ma po złożeniu większą szczelinę, co powoduje zwiększenie prądu biegu jałowego.

Rdzeń rozwarstwiony można skleić klejem epoksydowym (np. Epidianem), dokładnie składając i ściskając rozklejone warstwy.

Przy rozbieraniu rdzenia zwijanego należy oznaczyć, które połówki stanowiły całość i jak były złożone. Często połówki jednej

Tablica 9.4 Transformatory wyjściowe odchylania poziomego

Typ	Prostownik	Końcówki uzwojeń	Liczba zwojów	Rezystancja [Ω]	Układ odchylania
1	2	3	4	5	6
TVL30	EY86	2–3	45	1,58	Lampowy
TVL31		3–4	45	1,58	
TVL301		4–5[1]	30	0,44	
		1–8	65		
		(1–5)[2]	135	1,2	
		(1–6)[1]			
		(1–6)[2]	115	6,0	
		(1–7)[1]			
		1–10	615	32,0	
		1–11	690	36,0	
		1–9	760	38,8	
		cewka WN	1100	150	
TVL40	DY86	1–2	8	0,16	Lampowy
		2–3	3	0,06	
		4–5, 6	65	0,55	
		5, 6–7	65	0,55	
		9–10	60	0,25	
		10–11	510	0,25	
		11–12	150	0,25	
		cewka WN	900	121	
TVL51	Selenowy	10–11	32	0,065	Tranzystorowy
		11'–10'	30		
		11–13	20	0,041	
		8–5	400		
		8–3	215		
		8–7	210		
		8–4	160		
		cewka WN	2000	390	
TVL53	Selenowy	6–7	31	0,14	Tranzystorowy
		6–8	50	0,24	
		1–5	144	4,7	
		1–4	198	6,6	
		1–2	200	6,6	
		1–3	315		
		9–7	27	0,5	
		cewka WN	1750	390	
TVL60	Selenowy	2–3	6	0,27	Lampowy
		4–5	62	0,62	
		4–7	124	1,24	
		9–10	47	1,6	
		9–11	590	27	
		9–12	750	35	
		cewka WN	980	130	
AT110/18/822a	Selenowy	1–2	104		Tranzystorowy
		3–6	41		
		7–8	3		
		11–12	67		
		cewka WN	2508	800	
TR002	Powielacz	1–2	2		Tyrystorowy
		3–4	5		
		4–5	5		
		5–6	22		
		7–11	700		
		9–10	52		

[1] Tylko TVL301.
[2] Tylko TVL30 i TVL31.

całości mają jeden numer fabryczny, a sposób ich złożenia jest oznaczony kropkami (ramiona z kropkami muszą się ze sobą stykać).

Jest to ważne, ponieważ połówki od różnych kompletów nie pasują do siebie dając rdzeń krzywy lub dużą szczelinę, co powoduje trudności w złożeniu, duży prąd biegu jałowego i drgania rdzenia słyszalne jako charakterystyczne „buczenie" transformatora. Najłatwiej rozbiera się rdzenie złożone z blach. W tym przypadku mogą wystąpić trudności przy wyjmowaniu pierwszych kształtek. Trzeba je oddzielić od reszty płaskim nożem i wybić z karkasu kawałkiem blachy pobijanym młotkiem. Dalsze kształtki wypadną same po odklejeniu ich od reszty rdzenia przez podważenie nożem. Po wyjęciu rdzenia należy odwinąć uzwojenia.

W danych technicznych transformatorów nie podaje się sposobu nawinięcia uzwojeń, liczby zwojów i średnic drutów nawojowych. Czasem wymienione dane znajdują się na wierzchniej warstwie izolacyjnej przykrywającej uzwojenia i należy je spisać przed rozpoczęciem rozwijania. Jeśli nic nie wiemy o transformatorze przy odwijaniu uzwojeń należy zwrócić uwagę na ilość zwojów i sposób nawinięcia oraz zmierzyć średnicę drutu. W transformatorach sieciowych ważne są tylko liczba zwojów, średnica drutu i miejsce wprowadzeń. W przypadku innych transformatorów należy zapisać również kierunek nawinięcia uzwojeń, ilość zwojów w warstwie i miejsce wyprowadzenia początków, końców i odczepów uzwojeń. Jeśli uszkodzona jest tylko zewnętrzna część uzwojeń nie trzeba odwijać całości lecz tylko tę część i połączyć nowy drut o tej samej średnicy z istniejącym, przez skręcenie wzdłużne i zalutowanie, izolując miejsce połączenia przez założenie koszulki izolacyjnej lub obłożenie ceratką izolacyjną.

Do nawijania nowych uzwojeń nie należy używać drutu odwiniętego ze starych transformatorów lub dławików, ponieważ taki drut może mieć spękaną lub kruchą emalię, co może być powodem zwarć, szczególnie tam, gdzie między zwojami występują duże napięcia (transformatory sieciowe dużej mocy, transformatory odchylania linii itp.).

Niekiedy transformator jest tak spalony lub sklejony, że nie można policzyć zwojów przy odwijaniu. Ma to miejsce najczęściej w przypadku transformatorów sieciowych małej mocy. Trzeba wtedy potrzebne dane obliczyć. Musimy jednak znać wartości skuteczne napięć dostarczanych przez transformator i napięcia zasilania, pole przekroju rdzenia, a także średnice drutów nawojo-

Tablica 9.5 Inne transformatory [12, 13, 29]

Typ	Uzwojenie pierwotne		Uzwojenie wtórne		Przekładnia zwojowa Z_1/Z_2	Rdzeń	Uwagi
	końcówki	rezystancja (indukcyjność) [Ω], [μH]	końcówki	rezystancja (indukcyjność) [Ω], [μH]			
TROO1	3–4	(48)	1–2	(4)	18/5	EI42/15/F807 szczelina 2,5 mm	tr. komutacyjny
TI-2	1–2		3–4		5/35	EE20/F-806 bez szczeliny	tr. impulsowy przetwornicy
TI-3	1–4	20, (720000)	5–8	0.145, (1100)	500/23	EI25/F807 bez szczeliny	tr. sterujący przetwornicy
TI-6	2–3	0.43, (5100)	11–9		110,5/6	EE65/F806	tr. wyjściowy przetwornicy
			9–6		110,5/8,5		
			7–5		110,5/105		
			4–12		110,5/50		
			8–10		110,5/17		
TS11	1–2	0.55(3800)	3–4	0.065, (415)	66/22		tr. sterujący odch. linii
TS12	1–3	(11.2)	4–2	(128,4)	700/73		jak wyżej
TS13	1–3	–	4–2	–	210/70		jak wyżej

wych lub wartości skuteczne prądów pobieranych i dostarczanych przez transformator.

Wartość skuteczną napięcia dostarczanego przez transformator można odczytać z tablic danych technicznych albo obliczyć na podstawie schematu urządzenia, w którym transformator pracował.

Pole przekroju rdzenia transformatora, a właściwie pole przekroju kolumny rdzenia znajdującej się w karkasie, decyduje o mocy transformatora, od której zależna jest liczba zwojów na 1 V. Czynne pole przekroju (pole przekroju metalu rdzenia) jest mniejsze od zmierzonego. W przypadku rdzeni zwijanych, czynne pole przekroju stanowi ok. 90%, a w przypadku rdzeni złożonych z kształtek blaszanych ok. 75% pola zmierzonego. Liczbę zwojów przypadających na 1 V oblicza się ze wzoru

$$z = \frac{10^{12}}{4{,}44Bfs}$$

gdzie: z – liczba zwojów na wolt; B – indukcja w rdzeniu w teslach; f – częstotliwość; s – czynne pole przekroju rdzenia.

Indukcja B jest zależna od materiału rdzenia. Dla rdzeni zwijanych przyjmuje się $B = 1{,}6$ T, a dla rdzeni z blach $B = 1$ T. Liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego oblicza się mnożąc maksymalną wartość skuteczną napięcia zasilania (napięcie sieci 220 V może osiągnąć 235 V) przez liczbę zwojów na wolt. Liczbę zwojów uzwojeń wtórnych oblicza się dzieląc liczbę zwojów uzwojenia pierwotnego przez przekładnię transformatora, dodając 10% zapasu na sprawność transformatora i spadek napięcia na rezystancji drutu.

O średnicy drutu decydują prądy pobierane i dostarczane przez transformator. Średnicę drutu można przyjąć taką, jaką miał spalony transformator mierząc nie spalone uzwojenie lub obliczyć przyjmując dopuszczalną gęstość prądu 2 A/mm^2. Prądy dostarczane przez transformator można odczytać z tabl. 9.1 lub obliczyć korzystając ze schematu urządzenia, natomiast prąd pobierany trzeba obliczyć na ich podstawie.

Prąd płynący w uzwojeniu pierwotnym I_1 jest sumą prądu biegu jałowego I_0 i prądu I wynikającego z przetransformowania prądów uzwojeń wtórnych. Prąd ten oblicza się ze wzoru

$$I = \sum_{1}^{m} I_{2m}/n_m$$

gdzie: I_{2m} – prąd w m-tym uzwojeniu wtórnym; n_m – przekładnia zwojowa dla uzwojenia pierwotnego i m-tego uzwojenia wtórnego.

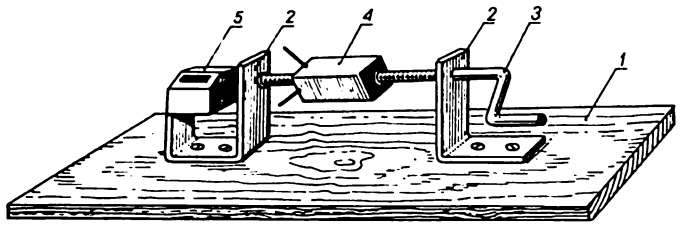
Jeśli nie rozporządzamy odpowiednim drutem do nawinięcia uzwojeń, nie trzeba sztywno trzymać się wyliczonych średnic, jednak należy pamiętać, że w przypadku drutu cieńszego transformator może się zanadto grzać, co obniża jego żywotność, a uzwojenia nawinięte grubszym drutem mogą się nie zmieścić. Jeśli nie mamy odpowiednio grubego drutu, uzwojenie można spróbować nawinąć podwójnym lub potrójnym cieńszym drutem, jednak takie uzwojenie zawsze zajmuje więcej miejsca.

Nawijanie uzwojeń bez specjalnych przyrządów jest dość trudne i męczące. Pracę ułatwia skonstruowanie nawet najprostszej nawijarki, najlepiej sprzężonej z licznikiem obrotów (rys. 9.2).

Do płyty *1*, np. ze sklejki, należy przymocować wsporniki *2* z otworami, przez które przechodzi oś *3* z pręta gwintowanego zakończona korbą. Przy pomocy nakrętek na osi zamocowany jest klocek drewniany *4*, na który zakłada się karkas nawijanego transformatora. Sama oś zabezpieczona jest również nakrętkami lub przetyczkami przed wysunięciem się z otworów wsporników. Oś nawijarki może być sprzężona z osią lub dźwignią licznika *5*. Uzwojenia należy nawijać starannie, zwój przy zwoju, ponieważ zajmują one wtedy najmniej miejsca.

Przekładki izolacyjne między warstwami powinny być z możliwie najcieńszego i najbardziej wytrzymałego mechanicznie, elektrycznie i temperaturowo tworzywa. Najlepiej stosować specjalny papier na przekładki, ceratkę izolacyjną lub folię poliestrową. Z braku powyższych można stosować parę warstw papieru kondensatorowego. Przekładki powinny być nieco szersze od karkasu i ponacinane na brzegach, aby dobrze układały się i zapobiegały zsuwaniu się zwojów w dolne warstwy. Należy nawijać je w tym samym kierunku co uzwojenia i zabezpieczać przez rozwinięciem paskiem przylepca. Izolacja między uzwojeniami, szczególnie między pierwotnym i wtórnym powinna mieć dużą wytrzymałość na przebicie elektryczne.

Końce uzwojeń należy wyprowadzać w ten sam sposób, w jaki to zrobiono w fabryce. W szczególności nie należy używać końców uzwojeń w charakterze przewodów do połą-



Rys. 9.2. Prosta nawijarka do transformatorów

czenia z układem, ponieważ łatwo się wtedy łamią. Lepiej dolutować końcówki z linki w izolacji, która jest bardziej giętka.

Po nawinięciu uzwojeń należy włożyć rdzeń, składając go tak, by szczeliny były jak najmniejsze. Rdzenie zwijane typu C należy ścisnąć obejmą. Rdzenie kształtkowe typu EI lub UI składa się tak, że najpierw składa się naprzemiennie kształtki E lub U, a potem wkłada się pomiędzy nie kształtki I. Złożony rdzeń należy wyrównać dobijając wystające kształtki drewnianym młotkiem.

Transformator sieciowy trzeba sprawdzić włączając go do sieci i mierząc wartość prądu biegu jałowego. Wartość prądu powinna zawierać się w granicach podanych w tabl. 9.1. Zbyt duży prąd świadczy o źle złożonym rdzeniu, zwarciu między zwojami lub pomyłce w obliczeniach.

Szczególnie starannie należy wykonywać transformatory odchylania poziomego zachowując prawidłowy sposób nawinięcia uzwojeń, grubość drutu, kierunek nawinięcia itp. (dotyczy to oczywiście uzwojenia anodowego, ponieważ cewki wysokiego napięcia nie przewija się).

Przekładki izolacyjne powinny mieć szczególnie dużą wytrzymałość na przebicie. Stosuje się tu folię poliestrową o odpowiedniej grubości. Rdzeń transformatora należy złożyć z właściwą szczeliną ustaloną przez przekładki z papieru lub folii. Siła ściśnięcia rdzenia śrubami powinna być taka, by rdzeń nie „piszczał" w czasie pracy, a jednocześnie nie został pokruszony. Rdzenie ferrytowe innych transformatorów najczęściej klei się żywicą epoksydową lub Cyjanopanem.

Naprawiony i sprawdzony transformator (z wyjątkiem transformatorów odchylania poziomego) można zalać, dla unieruchomienia rdzenia i uzwojeń oraz impregnacji, szelakiem lub cerezyną.

Transformatory ulegają również uszkodzeniom mechanicznym, z których najczęstszymi są:

- urwanie końcówki uzwojenia;
- pęknięcie karkasu;
- pęknięcie rdzenia ferrytowego;
- zniszczenie wierzchnich warstw uzwojenia ostrym przedmiotem.

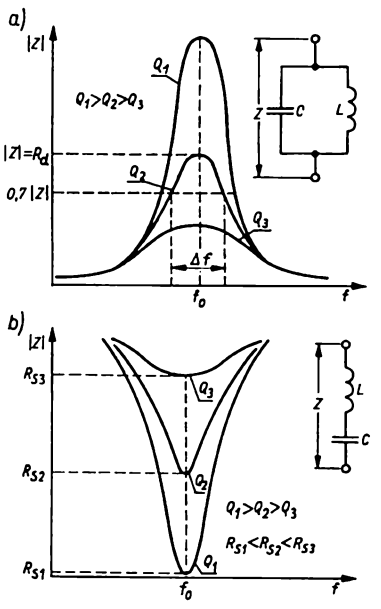
Pierwsze z uszkodzeń daje się często usunąć bez rozbierania transformatora przez delikatne oczyszczenie urwanej końcówki, dołączenie kawałka drutu i połączenie z wyprowadzeniem.

Pęknięcie karkasu nie zawsze jest powodem uszkodzenia uzwojeń i często nie wymaga naprawy. Niekiedy sprowadza się ona do przylutowania urwanej końcówki.

Pęknięcie rdzenia ferrytowego jest uszkodzeniem poważnym i właściwie wymagającym wymiany rdzenia lub całego transformatora. Czasem udaje się rdzeń skleić, np. Epidianem, jeśli nie jest bardzo pokruszony. Trzeba jednak wtedy bardzo dokładnie poskładać jego kawałki i dobrze docisnąć, by szczelina była jak najmniejsza.

Zniszczenie uzwojeń ostrym przedmiotem wymaga przewinięcia zniszczonej warstwy uzwojenia. W zasadzie nie trzeba używać do tego celu nawijarki, a wystarczy karkas założyć na drewniany klocek obracany w ręku.

10
Filtry i rezonatory



Rys. 10.1. Charakterystyka modułu impedancji obwodu rezonansowego: a) równoległego, b) szeregowego

10.1 Informacje ogólne

Filtry są to czwórniki, których charakterystyka tłumienności jest silnie zależna od częstotliwości. Mają one szerokie zastosowanie w urządzeniach elektronicznych. Zapewniają odpowiednią selektywność i charakterystykę przenoszenia obwodów wielkiej i pośredniej częstotliwości odbiorników radiowych i telewizyjnych, eliminują sygnały zakłócające, rozdzielają sygnały o różnych częstotliwościach itd.

Filtry elektryczne dzieli się na:

- **dolnoprzepustowe;**
- **środkowoprzepustowe** (pasmowe lub pasmowoprzepustowe);
- **górnoprzepustowe;**
- **środkowozaporowe** (pasmowozaporowe).

Filtry buduje się z elementów *LC* lub z materiałów piezoelektrycznych. Stosuje się również filtry będące połączeniem filtrów *LC* i piezoelektrycznych, nazywane filtrami **hybrydowymi.**

Rezonatory są dwójnikami piezoelektrycznymi, których charakterystyka impedancji w funkcji częstotliwości wykazuje silne właściwości rezonansowe. Podstawowym zastosowaniem rezonatorów w sprzęcie powszechnego użytku są filtry hybrydowe odbiorników radiowych. Nieco inne rezonatory stosuje się do stabilizacji częstotliwości drgań generatorów. Są to **rezonatory kwarcowe** o dużej dobroci (tzw. kwarce).

10.2 Filtry elektryczne *LC*

10.2.1 Wiadomości wstępne

W filtrach *LC* wykorzystuje się właściwości zmiany impedancji cewek, kondensatorów i obwodów rezonansowych w funkcji częstotliwości. Impedancja (reaktancja) kondensatora $X_C = 1/\mathrm{j}\,2\pi fC$ maleje ze wzrostem częstotliwości, a cewki $X_L = \mathrm{j}\,2\pi fL$ – rośnie.

Charakterystykę impedancji równoległego obwodu rezonansowego pokazano na rys. 10.1a. Wykazuje ona maksimum dla częstotliwości rezonansowej $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ osiągając wartość rzeczywistą

$$R_d = Q_0 \omega_0 L = \frac{Q_0}{\omega_0 C}$$

zwaną rezystancją dynamiczną. Rezystancja dynamiczna jest proporcjonalna do dobroci obwodu

$$Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R_s}$$

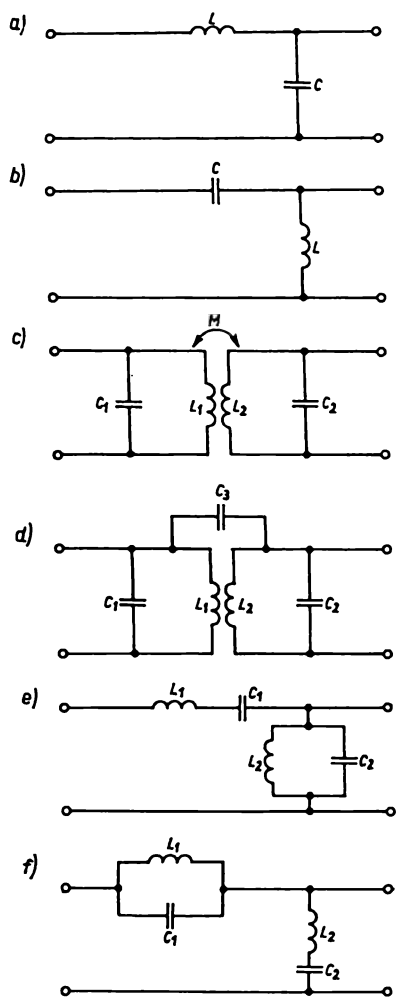
gdzie R_s jest zastępczą rezystancją szeregową strat w obwodzie, a $\omega_0 = 2\pi f_0$.

Jak widać z rys. 10.1a, ze zmniejszeniem dobroci charakterystyka staje się bardziej płaska, tzn. jej szerokość $2\Delta f$ przy takim samym spadku w procentach względem wierzchołka jest większa dla obwodu o mniejszej dobroci. Obowiązuje tu zależność

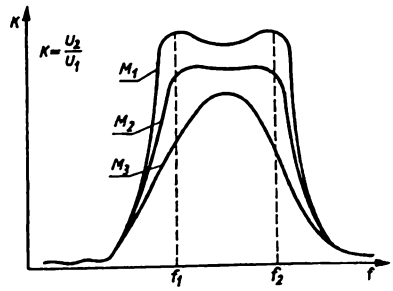
$$2\Delta f = f_0/Q_0$$

Charakterystykę impedancji szeregowego obwodu rezonansowego pokazano na rys. 10.1b. Wykazuje ona minimum dla częstotliwości rezonansowej $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$, przyjmując wartość rzeczywistą zwaną rezystancją strat R_s.

Przy zastosowaniu obwodów rezonansowych w filtrach czasem celowo zmniejsza się wartość dobroci przez dołączenie rezystancji zwiększających rezystancję strat. Do zwiększenia dobroci obwodu zbyt silnie obciążonego, np. rezystancją wejściową wzmacniacza, stosuje się zabiegi zmniejszające wpływ dodatkowych obciążeń, takie jak: sprzężenie transformatorowe, dołączanie przez odczep cewki itp.



Rys. 10.2. Przykłady filtrów *LC*: a) filtr dolnoprzepustowy, b) filtr górnoprzepustowy, c), d), e) filtry środkowoprzepustowe, f) filtr środkowozaporowy



Rys. 10.3. Charakterystyka przenoszenia filtru środkowoprzepustowego przy różnych sprzężeniach między obwodami

10.2.2 Przykłady filtrów *LC*

Rysunek 10.2 przedstawia kilka podstawowych rodzajów filtrów *LC*. Na rysunku 10.3a i b pokazano najprostsze filtry odpowiednio: dolnoprzepustowy i górnoprzepustowy. Rysunek 10.3c przedstawia najczęściej spotykany filtr środkowoprzepustowy, złożony z dwóch równoległych obwodów rezonansowych sprzężonych ze sobą za pośrednictwem indukcyjności wzajemnej *M*. Charakterystykę tego filtru pokazano na rys. 10.3. Przy silnym sprzężeniu *M* charakterystyka ma dwa maksima przy częstotliwościach f_1 i f_2. Przy sprzężeniu słabszym, zwanym krytycznym, charakterystyka ma płaski wierzchołek, a przy sprzężeniu jeszcze słabszym wierzchołek staje się wypukły.

Sprzężenie magnetyczne jest realizowane przez nawinięcie cewek L_1 i L_2 na wspólnym karkasie, przez zbliżenie cewek lub przez wprowadzenie między cewki rdzenia magnetycznego zamykającego linie sił pola magnetycznego pochodzącego od obydwu cewek. Warunkiem istnienia takiego sprzężenia jest to, aby obwód pierwotny i wtórny nie były od siebie ekranowane. Takie filtry

Tablica 10.1 Obwody filtrów 7×7 [20]

Oznaczenie	Przeznaczenie[1]	Wyprowadzenie uzwojeń[2]	Wbudowany kondensator[3] [pF]
119	p.cz. AM	(1–3, 5–4)	–
120	p.cz. AM	(3–2–2, 4–5)	100
121	det. AM	(3–2–1, 4–5)	150
126	p.cz. AM	(3–1–4–5)	100
128	p.cz. AM		100
128	p.cz. AM	(3–1)	150
138	p.cz. AM	(1–2–3) 4–5)	100
201	p.cz. AM	1–3, 4–5	82
202	det. FM (p.)	1–2–3, 4–5	82
203	det. FM (wt.)	1–2–3, 4–5	47
205	p.cz. FM	1–3, 4–5	82
207	p.cz. FM (wt.)	3–4, 5–2	82
208	det. FM (wt.)	1–2–3, 4–5	47
210	det. FM (p.)	1–2, 4–5	82
211	p.cz. FM (p.)	1–3, 2–5	82
212	p.cz. FM (wt.)	1–3, 2–5	47
213	det. FM (p.)	3–1, 6–2, 4–5	82
214	det. FM (wt.)	1–6, 3–5, 4–2	47
215	p.cz. FM (p.)	1–4–3, 5–2	82
221	p.cz. FM	(3–2, 4–5)	100
222	det. FM (p.)	(3–2, 4–5)	82
223	det. FM (wt.)	(3–2–1, 4–5)	39
226	p.cz. FM	1–2–3, 4–5	82
233	p.cz. FM	(3–1)	180
234	p.cz. FM	(3–2, 4–5)	82
405	f.we.odb. K (wt.)	3–1, 5–2	82
406	f.we.odb. K (p.)	3–1, 5–2	82
407	osc.	1–3, 2–4, 5–6	82
451	obw. ref. det. fonii	(3–1)	–
514	obw. ref.	(3–1, 4–5)	–

[1] Użyte skróty oznaczają:
(p.) – obwód pierwotny;
(wt.) – obwód wtórny;
det. – detektor,
f.we.odb. K – filtr wejściowy odbiornika fal krótkich 49 m;
osc. – oscylator;
f. odn. – filtr częstotliwości odniesienia;
obw. ref. – obwód referencyjny.

[2] Wyprowadzenia uzwojeń są oznaczone w taki sam sposób, jak w przypadku cewek (rys. 7.2).

[3] Kondensator jest włączony między końcówki 1 i 3 filtru.

wykonuje się w jednej obudowie ekranującej.

Istnieją filtry o sprzężeniu indukcyjnym bezpośrednim, w których sprzężenie magnetyczne jest realizowane przez połączenie obwodu pierwotnego z wtórnym za pomocą cewki. Obwody rezonansowe i cewka sprzęgająca takiego filtru mogą być zamknięte w oddzielnych obudowach ekranujących. Podobnie mogą być wykonane obwody filtrów pokazanych na rys. 10.2d, e, f. W filtrze z rys. 10.2d sprzężenie między obwodami zapewnia kondensator C_3. Na rysunku 10.3e pokazano filtr środkowoprzepustowy złożony z dwóch obwodów rezonansowych: szeregowego L_1, C_1 i równoległego L_2, C_2, dostrojonych do tej samej częstotliwości. Filtr z rys. 10.3f jest filtrem środkowozaporowym.

Tablica 10.2 Obwody filtrów 12×12 [20]

Oznaczenie	Przeznaczenie[1]	Wyprowadzenie uzwojeń[2]	Wbudowany kondensator[3] [pF]
1–24F1	p.cz. FM (p.)	*B–F*, *E–C*	82
3–26A1	det. AM	*F–B*, *C–D*	1000
3–26A5	det. AM	*F–B*, *C–E*	1000
1–24F3	p.cz. FM, Wt	*B–A–F*	91
1–24F4	det. FM (p.)	*F–B*, *C–E*, *D–A*	82
1–24F5	det. FM (wt.)	*B–A–F*, *E–C*	47
1–34F2	p.cz. FM	*B–C*, *A–E*	100
F–16	f. odn., det. FM	*B–F*	1000
F–17	f. odn., det. FM 5,5 MHz	*B–F*	1000

[1] Patrz tab. 10.1
[2] Oznaczenia wyprowadzeń, jak dla cewek 12×12.
[3] Kondensator włącza się między końcówki *B* i *F*.

10.2.3 Parametry i dane techniczne filtrów *LC*

Filtry są charakteryzowane następującymi parametrami:

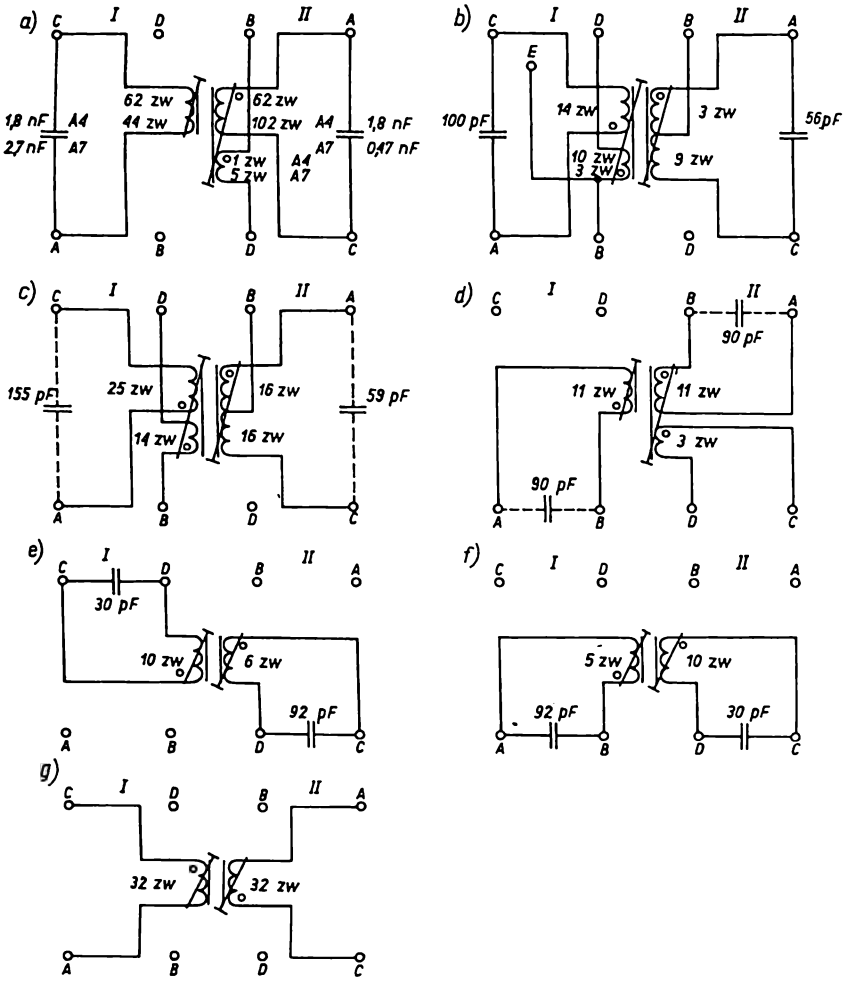
- **tłumienność w pasmie zaporowym;**
- **tłumienność w pasmie przepustowym;**
- **częstotliwości graniczne;**
- **tłumienność przy częstotliwościach granicznych;**
- **impedancje falowe: pierwotna i wtórna.**

W praktyce podaje się tylko przeznaczenie filtru, które dość dobrze określa jego parametry. Na przykład określenie, że filtr jest przeznaczony do pracy w torze p.cz. FM odbiorników radiowych oznacza, że jest to filtr środkowoprzepustowy o częstotliwości środkowej 10,7 MHz i szerokości pasma –3 dB ok. 250 kHz.

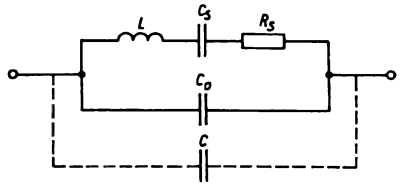
W tablicach 10.1 do 10.3 zestawiono produkowane w Polsce filtry i obwody filtrów *LC*. W tablicy 10.1 zestawiono filtry i obwody filtrów typu 7×7 (zamkniętych w obudowach ekranujących o wymiarach podstawy 7,4×7,8 mm). Obwód magnetyczny filtru składa się z rdzenia dostrojczego w oprawce z tworzywa sztucznego i rdzenia ekranującego wannowego. W tablicy podano sposób wyprowadzania uzwojeń (przydatne do sprawdzania filtru) oraz przeznaczenie filtru i wartość wbudowanego kondensatora. W tablicy 10.2 zestawiono filtry typu 12×12 (zamknięte w obudowach 12×12 mm). Rdzeniem dostrojczym jest rdzeń walcowy gwintowany a rdzeniem ekranującym – rdzeń garnkowy. Tablica 10.2 zawiera filtry typu 12×28 zbudowane z dwóch obwodów wykonanych tak jak obwody 12×12, zamkniętych w jednej obudowie ekranującej. Sprzężenie magnetyczne między obwo-

Tablica 10.3 Filtry 12×28 [20]

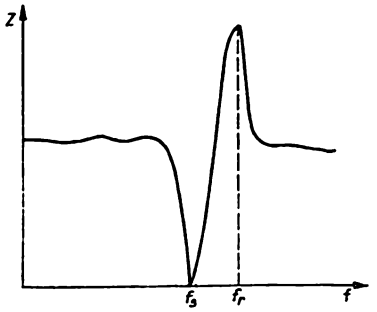
Oznaczenie	Zastosowanie	Indukcyjność obwodu [µH]	Dobroć	Obwód	Schemat – nr rysunku
1	2	3	4	5	6
4–25A4	Filtr p.cz. AM	64,5	85	I	10.4a
		64,5	85	II	
4–25A7	Filtr p.cz. AM	43,2	135	I	10.4a
		240,0	130	II	
4–28RZ	Det. stosunkowy FM	2,08	85	I	10.4b
		3,41	90	II	
F-12	Det. stosunkowy	4,40	40	I	
	toru fonii	10,7	60		10.4d
F-8	Filtr p.cz. w torze	1,20	95	I	
	wizji	1,20	95	II	10.4c
F-6	Filtr p.cz. wizji	0,83	85	I	
		0,30	90	II	10.4e
F-7	Filtr p.cz. wizji	0,30	90	I	
		0,83	83	II	10.4f
F-11	Filtr pasmowy fonii	7,89	70	II	10.4g
		7,89	70	II	



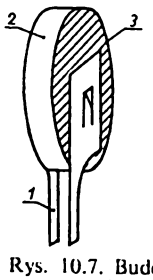
Rys. 10.4. Schematy filtrów 12×28 [35]



Rys. 10.5. Schemat zastępczy rezonatora [28]



Rys. 10.6. Charakterystyka impedancji Z rezonatora w funkcji częstotliwości



Rys. 10.7. Budowa rezonatora piezoelektrycznego do układów p.cz. AM.
1 – wyprowadzenia, *2* – krążek piezoelektryka, *3* – metalizacja

dami jest regulowane plastykowym krążkiem zawierającym wtopione pręciki ferrytowe, znajdującym się między obwodami. Maksymalne sprzężenie jest uzyskiwane przy ustawieniu pręcików wzdłuż obudowy filtru.

10.3 Filtry i rezonatory piezoelektryczne

10.3.1 Rezonatory piezoelektryczne

Rezonator zbudowany jest z płytki materiału piezoelektrycznego, na którą naniesione są elektrody doprowadzające napięcie zmienne. Napięcie to pobudza płytkę do drgań. Drgania są tym silniejsze im ich częstotliwość jest bliższa częstotliwości rezonansu mechanicznego płytki.

Układ zastępczy rezonatora pokazano na rys. 10.5. Gałąź R, L, C jest dynamicznym układem zastępczym rezonatora, przy czym L jest indukcyjnością dynamiczną rezonatora wynoszącą od ułamka do kilku tysięcy henrów, C jest pojemnością dynamiczną mającą wartość od ułamka do kilkuset femtofaradów, a R jest rezystancją strat mającą wartość od kilku omów do kilku kiloomów. C_0 jest pojemnością statyczną rezonatora, a C – pojemnością zewnętrzną.

Impedancja rezonatora w okolicach rezonansu zmienia się tak, jak to pokazano na rys. 10.6. Widać wyraźnie, że są dwie częstotliwości, dla których impedancja wykazuje ekstrema: dla częstotliwości f_s – minimum, a dla częstotliwości f_r – maksimum. Rezonator zachowuje się raz jak obwód rezonansowy szeregowy, raz jak równoległy. Częstotliwość f_s na rys. 10.6 jest częstotliwością rezonansu szeregowego rezonatora wynikającą z C i L, natomiast częstotliwość f_r jest częstotliwością rezonansu równoległego z pojemnością zewnętrzną C. Częstotliwość f_r jest większa od f_s ze względu na to, że C_0 i C są połączone z pojemnością C szeregowo.

Na rysunku 10.7 pokazano budowę rezonatora piezoelektrycznego dyskowego stosowanego w układach p.cz. AM. Krążek z materiału piezoelektrycznego obustronnie metalizowany, jest zamocowany między dwoma kontaktami dociskającymi go w środku. Częstotliwość rezonansowa wynosi około 465 kHz, przy czym dobroć rezonatora, jako obwodu rezonansowego szeregowego, jest tak dobrana, by zapewnić odpowiednie pasmo przenoszenia sygnału AM.

wykonuje się w jednej obudowie ekranującej.

Istnieją filtry o sprzężeniu indukcyjnym bezpośrednim, w których sprzężenie magnetyczne jest realizowane przez połączenie obwodu pierwotnego z wtórnym za pomocą cewki. Obwody rezonansowe i cewka sprzęgająca takiego filtru mogą być zamknięte w oddzielnych obudowach ekranujących. Podobnie mogą być wykonane obwody filtrów pokazanych na rys. 10.2d, e, f. W filtrze z rys. 10.2d sprzężenie między obwodami zapewnia kondensator C_1. Na rysunku 10.3e pokazano filtr środkowoprzepustowy złożony z dwóch obwodów rezonansowych: szeregowego L_1, C_1 i równoległego L_2, C_2, dostrojonych do tej samej częstotliwości. Filtr z rys. 10.3f jest filtrem środkowozaporowym.

Tablica 10.2 Obwody filtrów 12×12 [20]

Oznaczenie	Przeznaczenie[1]	Wyprowadzenie uzwojeń[2]	Wbudowany kondensator[3] [pF]
1–24F1	p.cz. FM (p.)	*B–F*, *E–C*	82
3–26A1	det. AM	*F–B*, *C–D*	1000
3–26A5	det. AM	*F–B*, *C–E*	1000
1–24F3	p.cz. FM, Wt	*B–A–F*	91
1–24F4	det. FM (p.)	*F–B*, *C–E*, *D–A*	82
1–24F5	det. FM (wt.)	*B–A–F*, *E–C*	47
1–34F2	p.cz. FM	*B–C*, *A–E*	100
F–16	f. odn., det. FM	*B–F*	1000
F–17	f. odn., det. FM 5,5 MHz	*B–F*	1000

[1] Patrz tab. 10.1
[2] Oznaczenia wyprowadzeń, jak dla cewek 12×12.
[3] Kondensator włącza się między końcówki *B* i *F*.

10.2.3 Parametry i dane techniczne filtrów *LC*

Filtry są charakteryzowane następującymi parametrami:

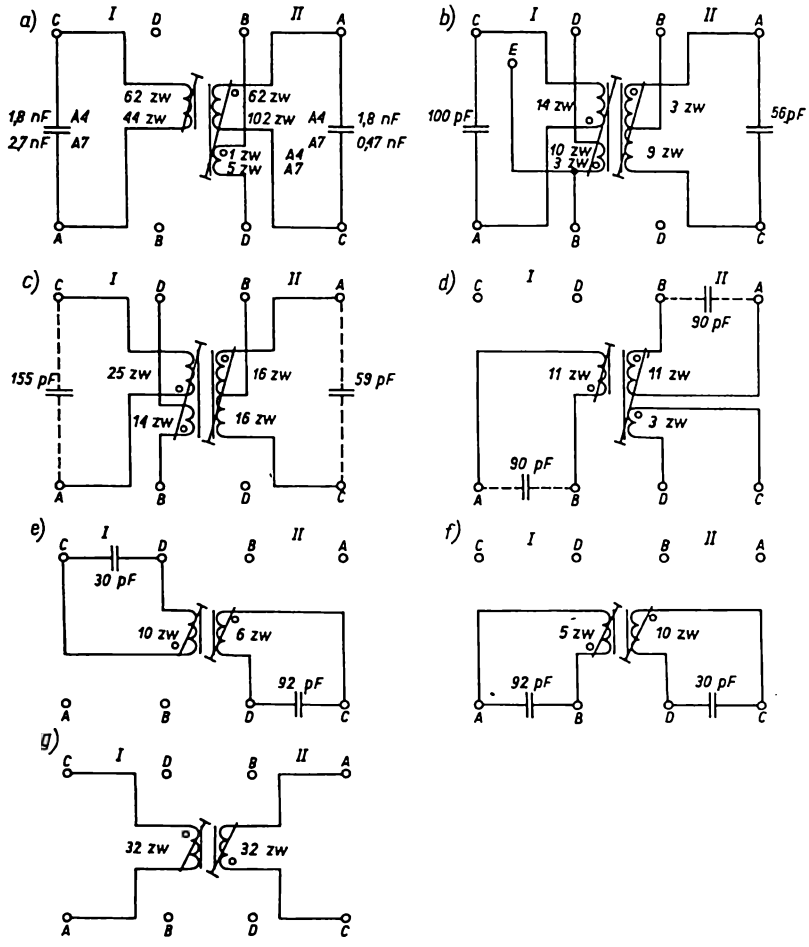
- **tłumienność w pasmie zaporowym;**
- **tłumienność w pasmie przepustowym;**
- **częstotliwości graniczne;**
- **tłumienność przy częstotliwościach granicznych;**
- **impedancje falowe: pierwotna i wtórna.**

W praktyce podaje się tylko przeznaczenie filtru, które dość dobrze określa jego parametry. Na przykład określenie, że filtr jest przeznaczony do pracy w torze p.cz. FM odbiorników radiowych oznacza, że jest to filtr środkowoprzepustowy o częstotliwości środkowej 10,7 MHz i szerokości pasma –3 dB ok. 250 kHz.

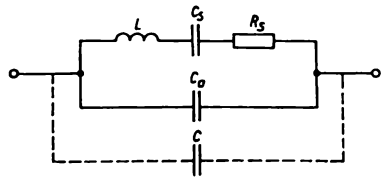
W tablicach 10.1 do 10.3 zestawiono produkowane w Polsce filtry i obwody filtrów *LC*. W tablicy 10.1 zestawiono filtry i obwody filtrów typu 7×7 (zamkniętych w obudowach ekranujących o wymiarach podstawy 7,4×7,8 mm). Obwód magnetyczny filtru składa się z rdzenia dostrojczego w oprawce z tworzywa sztucznego i rdzenia ekranującego wannowego. W tablicy podano sposób wyprowadzania uzwojeń (przydatne do sprawdzania filtru) oraz przeznaczenie filtru i wartość wbudowanego kondensatora. W tablicy 10.2 zestawiono filtry typu 12×12 (zamknięte w obudowach 12×12 mm). Rdzeniem dostrojczym jest rdzeń walcowy gwintowany a rdzeniem ekranującym – rdzeń garnkowy. Tablica 10.2 zawiera filtry typu 12×28 zbudowane z dwóch obwodów wykonanych tak jak obwody 12×12, zamkniętych w jednej obudowie ekranującej. Sprzężenie magnetyczne między obwo-

Tablica 10.3 Filtry 12×28 [20]

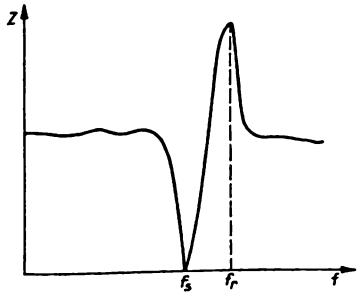
Oznaczenie	Zastosowanie	Indukcyjność obwodu [μH]	Dobroć	Obwód	Schemat – nr rysunku
1	2	3	4	5	6
4–25A4	Filtr p.cz. AM	64,5	85	I	10.4a
		64,5	85	II	
4–25A7	Filtr p.cz. AM	43,2	135	I	10.4a
		240,0	130	II	
4–28RZ	Det. stosunkowy FM	2,08	85	I	10.4b
		3,41	90	II	
F-12	Det. stosunkowy	4,40	40	I	
	toru fonii	10,7	60		10.4d
F-8	Filtr p.cz. w torze	1,20	95	I	
	wizji	1,20	95	II	10.4c
F-6	Filtr p.cz. wizji	0,83	85	I	
		0,30	90	II	10.4e
F-7	Filtr p.cz. wizji	0,30	90	I	
		0,83	83	II	10.4f
F-11	Filtr pasmowy fonii	7,89	70	II	10.4g
		7,89	70	II	



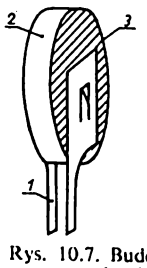
Rys. 10.4. Schematy filtrów 12×28 [35]



Rys. 10.5. Schemat zastępczy rezonatora [28]



Rys. 10.6. Charakterystyka impedancji Z rezonatora w funkcji częstotliwości



Rys. 10.7. Budowa rezonatora piezoelektrycznego do układów p.cz. AM.
1 – wyprowadzenia, *2* – krążek piezoelektryka, *3* – metalizacja

dami jest regulowane plastykowym krążkiem zawierającym wtopione pręciki ferrytowe, znajdującym się między obwodami. Maksymalne sprzężenie jest uzyskiwane przy ustawieniu pręcików wzdłuż obudowy filtru.

10.3 Filtry i rezonatory piezoelektryczne

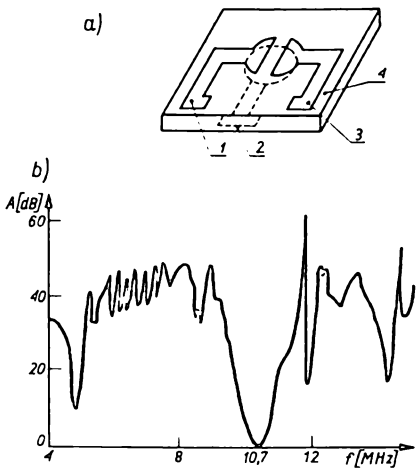
10.3.1 Rezonatory piezoelektryczne

Rezonator zbudowany jest z płytki materiału piezoelektrycznego, na którą naniesione są elektrody doprowadzające napięcie zmienne. Napięcie to pobudza płytkę do drgań. Drgania są tym silniejsze im ich częstotliwość jest bliższa częstotliwości rezonansu mechanicznego płytki.

Układ zastępczy rezonatora pokazano na rys. 10.5. Gałąź R, L, C, jest dynamicznym układem zastępczym rezonatora, przy czym L jest indukcyjnością dynamiczną rezonatora wynoszącą od ułamka do kilku tysięcy henrów, C, jest pojemnością dynamiczną mającą wartość od ułamka do kilkuset femtofaradów, a R jest rezystancją strat mającą wartość od kilku omów do kilku kiloomów. C_0 jest pojemnością statyczną rezonatora, a C – pojemnością zewnętrzną.

Impedancja rezonatora w okolicach rezonansu zmienia się tak, jak to pokazano na rys. 10.6. Widać wyraźnie, że są dwie częstotliwości, dla których impedancja wykazuje ekstrema: dla częstotliwości f_s – minimum, a dla częstotliwości f_r – maksimum. Rezonator zachowuje się raz jak obwód rezonansowy szeregowy, raz jak równoległy. Częstotliwość f_s na rys. 10.6 jest częstotliwością rezonansu szeregowego rezonatora wynikającą z C, i L, natomiast częstotliwość f_r jest częstotliwością rezonansu równoległego z pojemnością zewnętrzną C. Częstotliwość f_r jest większa od f_s ze względu na to, że C_0 i C są połączone z pojemnością C, szeregowo.

Na rysunku 10.7 pokazano budowę rezonatora piezoelektrycznego dyskowego stosowanego w układach p.cz. AM. Krążek z materiału piezoelektrycznego obustronnie metalizowany, jest zamocowany między dwoma kontaktami dociskającymi go w środku. Częstotliwość rezonansowa wynosi około 465 kHz, przy czym dobroć rezonatora, jako obwodu rezonansowego szeregowego, jest tak dobrana, by zapewnić odpowiednie pasmo przenoszenia sygnału AM.



Rys. 10.8. Filtr p.cz. FM 10,7 MHz firmy Murata [32]:
a) budowa, *1* – elektroda wejściowa, *2* – elektroda uziemiająca, *3* – elektroda wyjściowa, *4* – płytka piezoelektryczna; b) charakterystyka tłumienności

10.3.2 Filtry piezoelektryczne

Filtry piezoelektryczne są zbudowane z rezonatorów piezoelektrycznych. Mogą się składać z osobnych rezonatorów zamkniętych we wspólnej obudowie i połączonych ze sobą elektrycznie lub z rezonatorów wykonanych na jednej płytce piezoelektryka, sprzężonych mechanicznie. Najczęściej spotyka się budowę filtrów drugiego z ww. rodzajów.

Na rysunku 10.8 pokazano budowę filtru piezoelektrycznego dla obwodu p.cz. FM 10,7 MHz firmy Murata i jego charakterystykę tłumienności [32]. Wejście filtru jest między elektrodami *1* i *2*. Tworzą one z płytką rezonator powodujący wzbudzenie drgań płytki. Drgania pytki powodują indukowanie się napięcia w rezonatorze odbiorczym (elektrody *2* i *3*). Napięcie to jest tym większe, im większe są drgania płytki, czyli im częstotliwość sygnału jest bliższa rezonansu.

Ze względu na to, że płytka jest elementem mechanicznym, ma również rezonanse przy innych częstotliwościach, co uwidacznia się na charakterystyce. Aby zmniejszyć ten efekt stosuje się napylanie na płytkę dodatkowych elektrod tłumiących drgania i regulujących sprzężenie między rezonatorami. Najlepsze efekty daje łączenie filtrów piezoelektrycznych z filtrami *LC*, tworząc tzw. filtry hybrydowe. Filtry *LC* wytłumiają zafalowania charakterystyki poza pasmem przepustowym, a filtry piezoelektryczne zapewniają dobrą selektywność w pasmie przepustowym.

Nieco innymi od wyżej omawianych filtrów piezoelektrycznych są filtry z falą powierzchniową, w których wykorzystano fale rozchodzące się po powierzchni płytki. Ostatnio zaczyna się je stosować w odbiornikach telewizyjnych jako filtry p.cz.

Tablica 10.4 Rezonatory, filtry piezoelektryczne i filtry hybrydowe [20]

Nazwa i zastosowanie	Typ	Częstotliwość środkowa f_0 [MHZ]	Szerokość tłumienności dla Δf		Tłumienność		Odpowiednik
			pasma przepustowego [kHz]	A[1] [dB] f	w pasmie tłumieniowym [dB]	w pasmie przepustowym [dB]	
Rezonator p.cz. AM	RF01 RF02	0,465±0,0015 0,465±0,002	—	—	—	—	BFU455K2 Murata
Rezonatory do filtrów hybrydowych p.cz. AM	BR-01 BR-02	0,465±0,0015	—	—	—	—	—
Filtry hybrydowe do układów p.cz. AM	FCH01-465-7-36 FCH01-465-9-26 FCH02-465-6-40	0,465 0,465 0,465	7 9 6	6 6 6	36 26 40	— — —	—
Filtr hybrydowy do układów p.cz. FM	FCH03-10,7-200-40	10,7	200	3	40	—	—
Filtr drabinkowy do układów p.cz. AM	FCD-465-7-36	0,465±0,002	6,5	6	36	—	CFU455H2 Murata
Filtr monolityczny p.cz. AM i FM	FCM-R-107-220-50	10,7	220	3	50	—	
Filtr monolityczny toru fonii	FCM-5,5-170-20	5,5+0,03	170	3	20	8	SFE 5,5 MB
Filtr monolityczny do układów p.cz. FM	FCM-10,7 T FCM-10,7 S	10,7 10,7	200—300 200—340	3 3	24 26	7 7	SFE 10,7 Ma Murata
Filtr monolityczny do toru fonii	FCM-6,5	6,5	180 550	3 20	20	8	SFE 6,5 MB Murata

[1] Tłumienność odniesiona do minimalnej tłumienności w pasmie przepustowym.

Klasyczne filtry piezoelektryczne mają stosunkowo małą szerokość pasma przepustowego, natomiast w filtrach z falą powierzchniową uzyskuje się dużą szerokość pasma.

10.3.3 Oznaczenia i dane techniczne rezonatorów i filtrów piezoelektrycznych oraz filtrów hybrydowych

Oznaczenie typu rezonatora i filtru piezoelektrycznego lub hybrydowego jest cyfrowo-literowe [19], przy czym litery oznaczają rodzaj filtru, a cyfry jego parametry.
Litery mają następujące znaczenie:

RF – rezonator piezoelektryczny ceramiczny;
BR – blok rezonatorów piezoelektrycznych ceramicznych;
FCE – filtr piezoelektryczny ceramiczny;
FCP – filtr piezoelektryczny ceramiczny typu pierścieniowego;
FCD – filtr piezoelektryczny ceramiczny drabinkowy;
FCH – filtr piezoelektryczny ceramiczny hybrydowy;
FCB – filtr piezoelektryczny ceramiczny typu bimorf;
FCM – filtr piezoelektryczny ceramiczny monolityczny.

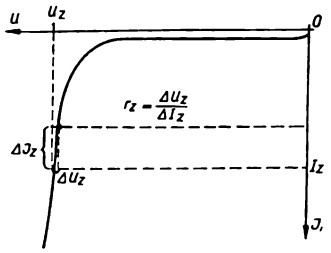
Liczba występująca po oznaczeniu literowym oznacza częstotliwości rezonansowe filtru, następna liczba oznacza szerokość przenoszonego pasma częstotliwości w kHz, a ostatnia liczba oznacza tłumienność filtru w dB w pasmie tłumieniowym. W tablicy 10.4 (str. 59) zestawiono dane techniczne rezonatorów i filtrów piezoelektrycznych oraz filtrów hybrydowych stosowanych w sprzęcie powszechnego użytku.

10.4 Uszkodzenia filtrów i rezonatorów

Filtry *LC* ulegają tym samym uszkodzeniom co cewki, dlatego nie będziemy ich omawiać po raz drugi.
Filtry i rezonatory ceramiczne i kwarcowe bardzo rzadko ulegają uszkodzeniom i są to wyłącznie uszkodzenia mechaniczne. Szczególnie wrażliwe są rezonatory kwarcowe. Upadnięcie rezonatora kwarcowego na twarde podłoże prawie zawsze kończy się pęknięciem płytki kwarcowej. Rezonatory, filtry piezoceramiczne nie tłuką się przy upadnięciu, jednak są dość kruche i dlatego należy unikać wyginania ich końcówek, chwytania twardymi narzędziami, podważania itp., a także przegrzewania ich w czasie lutowania.
Uszkodzony element piezoelektryczny nie daje się naprawić i trzeba zastąpić go nowym tego samego typu. Taka wymiana może jednak pociągnąć za sobą konieczność całkowitego strojenia urządzenia, co nie zawsze jest możliwe w warunkach domowych.

VI ELEMENTY ELEKTRONOWE

11 Diody



Rys. 11.1. Charakterystyka diody Zenera

11.1 Rodzaje diod

11.1.1 Diody prostownicze

Diody prostownicze są stosowane w układach zasilających do prostowania napięć zmiennych. Odznaczają się dużym prądem dopuszczalnym w kierunku przewodzenia I_F i stosunkowo dużym dopuszczalnym napięciem wstecznym U_R.

Właściwości diod prostowniczych są określane następującymi parametrami:

U_{RWM} – **szczytowa wartość napięcia wstecznego;**

U_{RSM} – **niepowtarzalna szczytowa wartość napięcia wstecznego;**

U_{RRM} – **powtarzalna szczytowa wartość napięcia wstecznego;**

I_0 – **średnia wartość prądu wyprostowanego;**

I_F – **wartość stałego prądu przewodzenia;**

I_{FSM} – **niepowtarzalna szczytowa wartość prądu przewodzenia.**

W tablicy 11.1 podano parametry diod prostowniczych krzemowych produkowanych obecnie w kraju. Tablica 11.2 zawiera dane obecnie nie produkowanych diod prostowniczych germanowych, stosowanych w starszych urządzeniach, a tabl. 11.3 – dane diod zagranicznych.

11.1.2 Diody przełączające

Diody przełączające są używane jako klucze łączące lub rozłączające części układu elektronicznego. Przełączanie diody następuje w wyniku odpowiedniej polaryzacji w kierunku przewodzenia lub zaporowym. W stanie wyłączenia dioda powinna stanowić dużą rezystancję, a w stanie włączenia – małą. W tym celu diody przełączające mają charakterystyki ostro załamane po przekroczeniu napięcia charakterystycznego (ok. 0,4 V dla germanu i ok. 0,7 V dla krzemu). W związku z tym diody przełączające charakteryzują się: dużymi **prądami dopuszczalnymi w kierunku przewodzenia** I_F, małymi **napięciami na złączu, w kierunku przewodzenia** U_F i małymi **prądami przy polaryzacji zaporowej** I_R.

Diody pracujące w układach impulsowych powinny przenosić sygnały impulsowe z małymi zniekształceniami. Parametrem określającym własności diody przełączającej w takim zastosowaniu jest **czas ustalania prądu wstecznego** t_{rr}.

Podobne właściwości mają diody przeznaczone do zastosowania w układach szybkich prostowników.

Dane techniczne diod przełączających i szybkich diod prostowniczych produkcji polskiej przedstawiono w tabl. 11.4, a w tabl. 11.5 – dane diod zagranicznych.

Diody przełączające umieszczone w obudowie CE37 są oznaczane barwnymi kropkami, a szybkie diody prostownicze w obudowie CE31 – barwnymi paskami (tabl. 11.6).

11.1.3 Diody detekcyjne

Diody detekcyjne są przeznaczone do pracy w układach detektorów i dyskryminatorów. Ze względu na pracę przy małych sygnałach i wielkich częstotliwościach stosuje się często diody ostrzowe germanowe, mające małą pojemność złącz C_j i niskie napięcie U_F przy małym prądzie I_F. W porównaniu z diodami przełączającymi mają mniej ostro załamaną charakterystykę napięciowo-prądową w kierunku przewodzenia na skutek czego przy prądzie I_F rzędu pojedynczych miliamperów napięcie U_F osiąga wartość powyżej 1 V. Dane techniczne diod detekcyjnych produkcji polskiej podano w tabl. 11.7, a dane diod zagranicznych w tabl. 11.5.

11.1.4 Stabilistory (diody Zenera) i diody stabilizacyjne

W stabilistorach wykorzystuje się zjawisko *Zenera* lub *przebicia lawinowego* przy polaryzacji złącza *p-n* w kierunku zaporowym. Oba te zjawiska powodują znaczny wzrost prądu przy niewielkiej zmianie napięcia (rys. 11.1). Napięcie, przy którym te zjawiska występują jest nazywane **napięciem stabilizacji** U_Z. Jego wartość zależy od sposobu wykonania złącza. Przy napięciu U_Z dioda wykazuje małą rezystancję dynamiczną r_z. Napięcie stabilizacji U_Z jest zależne od temperatury, przy czym **współczynnik temperaturowy** α_{U_Z} jest zależny od typu diody oraz

Tablica 11.1 Prostownicze diody krzemowe produkcji polskiej

Typ	Parametry graniczne						Parametry charakterystyczne				Zastosowanie[1]	Obudowa	Odpowiednik
	U_{RWM} [V]	U_{RSM} (U_{RWM}) [V]	I_0 (I_F) [A]	I_{FSM} przy t_j [A]	[°C]	$t^{1)}$ [ms]	$U_F^{2)}$ przy I_F [V]	[A]	$I_R^{3)}$ przy $U_R^{4)}$ [μA]	[V]			
BYP150-50	50	100	0,4	15	—	—	1,5	1	5	50	a	CE31	—
BYP150-100	100	200	0,4	15	—	—	1,5	1	5	100	a	CE31	
BYP150-225	225	350	0,4	15	—	—	1,5	1	5	225	a	CE31	—
BYP150-300	300	400	0,4	15	—	—	1,5	1	5	300	a	CE31	
BYP150-400	400	600	0,4	15	—	—	1,5	1	5	400	a	CE31	—
BYP150-600	600	800	0,4	15	—	—	1,5	1	5	600	a	CE31	
BYP155-350	300	(350)	(1,2)	40	150	10	1,25	5	750	—	b	—	—
BYP155-600	500	(600)	(1,2)	40	150	10	1,25	5	750	—	b	—	—
BYP401-50	50	100	1	50	—	10	1,1	1	5	50	a	CE31	1N4001
BYP401-100	100	200	1	50	—	10	1,1	1	5	100	a	CE31	1N4002
BYP401-200	200	400	1	50	—	10	1,1	1	5	200	a	CE31	1N4003
BYP401-400	400	600	1	50	—	10	1,1	1	5	400	a	CE31	1N4004
BYP401-600	600	800	1	50	—	10	1,1	1	5	600	a	CE31	1N4005
BYP401-800	800	1000	1	50	—	10	1,1	1	5	800	a	CE31	1N4006
BYP401-1000	1000	1300	1	50	—	10	1,1	1	5	1000	a	CE31	1N4007
BYP671-350	300	(350)	(5)	60	150	10	1,25	5	200	—	b	CE30	—
BYP671-350R	300	(350)	(5)	60	150	10	1,25	5	200	—	b	CE30	—
BYP671-600	500	(600)	(5)	60	150	10	1,25	5	200	—	b	CE30	—
BYP671-600R	500	(600)	(5)	60	150	10	1,25	5	200	—	b	CE30	—
BYP680-50	50	80	5	60	150	10	1,3	5	50	50	c	CE11	—
BYP680-50R	50	80	5	60	150	10	1,3	5	50	50	c	CE11	—
BYP680-100	100	160	5	60	150	10	1,3	5	50	100	c	CE11	—
BYP680-100R	100	160	5	60	150	10	1,3	5	50	100	c	CE11	—
BYP680-300	300	500	5	60	150	10	1,3	5	50	300	c	CE11	—
BYP680-300R	300	500	5	60	150	10	1,3	5	50	300	c	CE11	—
BYP680-500	500	800	5	60	150	10	1,3	5	50	500	c	CE11	—
BYP680-500R	500	800	5	60	150	10	1,3	5	50	500	c	CE11	—
BYP680-600	600	1000	5	60	150	10	1,3	5	50	600	c	CE11	—
BYP680-600R	600	1000	5	60	150	10	1,3	5	50	600	c	CE11	—
BYP560	100	—	(0,6)	6	125	100	1,2	0,6	10	100	a	rys. 11.5	DK60
BYP561	300	—	(0,6)	6	125	100	1,2	0,6	10	300	a	rys. 11.5	DK61
BYP562	500	—	(0,6)	6	125	100	1,2	0,6	10	500	a	rys. 11.5	DK62
BYP563	700	—	(0,6)	6	125	100	1,2	0,6	10	700	a	rys. 11.5	DK63

[1)] Czas trwania impulsu prądowego.
[2)] Napięcie na złączu w kierunku przewodzenia.
[3)] Prąd wsteczny.
[4)] Napięcie na złączu w kierunku zaporowym.
[5)] a — prostowniki do 1 A, b — szybkie przełączniki, c — prostowniki do 5 A, d — prostowniki do 10 A.

Tablica 11.2 Diody prostownicze germanowe produkcji polskiej

Typ	Parametry graniczne			Parametry charakterystyczne				Obudowa
	U_{RWM} [V]	I_{FSM} [A]	t_j [°C]	U_F przy I_F [V]	[A]	I_R przy U_R [mA]	[V]	
DZG-1	50	0,9	75	0,5	0,3	0,5	50	rys. 11.6
DZG-2	100	0,9	75	0,5	0,3	0,5	100	
DZG-3	150	0,9	75	0,5	0,3	0,5	150	
DZG-4	200	0,9	75	0,5	0,3	0,5	200	
DZG-5	300	0,3	75	0,3	0,1	0,3	300	
DZG-6	350	0,3	75	0,3	0,1	0,3	350	
DZG-7	400	0,3	75	0,3	0,1	0,3	400	

Objaśnienia: Tablica 11.1

Tablica 11.3 Zagraniczne diody prostownicze

Typ	Parametry graniczne		Parametry charakterystyczne				Materiał	Zastosowanie	Producent
	U_{RWM} [V]	I_0 (I_F) [A]	U_F przy I_F [V]	[A]	I_R przy U_R [uA]	[V]			
D7G	200	0,3	0,5	—	100	—	german	a	ZSRR
D211	600	0,1	1	—	50	—	krzem	a	
D226	400	0,3	1	—	30	—		a	
D242	100	5	1	—	3000	—		c	
KD105B	400	0,3	1	—	100	—		a	
KD105W	600	0,3	1	—	100	—		a	
KD202B	50	1	1	—	1000	—		c	
KD205G	400	0,4	1	—	500	—		a	
KY702	150	(0,7)	1,1	1	350	150		a	Tesla
KY705	700	(0,7)	1,1	1	350	700		a	
KY708	90	(10)	1,1	10	60	100		d	
KY711	270	(10)	1,1	10	60	300		d	

Objaśnienia: Tablica 11.1.

Tablica 11.4 Diody przełączające produkcji polskiej [36, 38, 39]

Typ	Materiał	Parametry dopuszczalne		Parametry charakterystyczne				C_r (t_{rr}) [pF] ([ns])	Zastosowanie[1]	Obudowa
		U_R [V]	I_F [mA]	U_F przy [V]	I_F [mA]	I_R przy [μA]	U_R [V]			
AAYP37	german	25	110	0,5	10	50	26	<3,5	K	rys. 11.7
BAP661	krzem	30	60	1	15	0,5	25	—	K	rys. 11.10
BAP794		35	80	1	30	0,1	25	(2)	K	rys. 11.9
BAP794A		40	80	0,62÷0,7	2	0,05	30	(2)	K	rys. 11.9
BAP795		75	80	1	50	0,05	50	(2)	K	rys. 11.9
BAP795A		75	80	0,7÷0,81	10	0,05	50	(2)	K	rys. 11.9
BA152P		15	100	1,1	100	0,01	10	2,5	K	rys. 11.9
BA182		35	100	1,2	100	0,1	20	1,5	K	rys. 11.9
BA157		400	400	1,3	1	0,005	400	(500)	PS	rys. 11.3
BA158		600	400	1,3	1	0,005	600	1,8	PS	rys. 11.3
BA159		1000	400	1,3	1	0,005	1000	1,6	PS	rys. 11.3
BAVP10		60	300	0,92	100	0,1	50	2,5	K	rys. 11.10
BAVP17		25	200	1	100	0,1	25	5	K, PS	rys. 11.10
BAVP18		60	200	1	100	0,1	60	5	K, PS	rys. 11.10
BAVP19		120	200	1	100	0,1	120	5	K, PS	rys. 11.10
BAVP20		180	200	1	100	0,1	180	5	K, PS	rys. 11.10
BAVP21		250	200	1	100	0,1	250	5	K, PS	rys. 11.10
BAYP94	jak BAP794									rys. 11.10
BAYP94A	jak BAP794A									rys. 11.10
BAYP95	jak BAP795									rys. 11.10
BAYP95A	jak Bap 795A									rys. 11.10

[1] K – układy przełączające; PS – szybkie prostowniki.

Tablica 11.5 Diody przełączające i detekcyjne produkcji zagranicznej

Typ	Producent	Materiał	Parametry dopuszczalne		Parametry charakterystyczne				C_r [pF]	Zastosowanie[1]	Odpowiednik polski
			U_R	I_F (I_0)	U_F przy I_F		I_R przy U_R				
			[V]	[mA]	[V]	[mA]	[μA]	[V]			
AA113	Telefunken	german	60	25	1,6	10	500	60	—	D1, D2	—
AA132	Telefunken	german	100	20	1,8	10	120	60	—	D1, D2	—
BA103	Siemens	krzem	6	300	1	100	1	6	—	K	—
GA101	RFT	german	40	15	1	3	400	40	—	D1	—
GA203	RFT	german	60	20	1	5	200	50	—	D1	—
GA206	RFT	german	30	25	1	5	20	30	—	D1	—
GA113	RFT	german	25	—	1	6	—	—	—	D1	—
SAY20	RFT	krzem	20	75	1	10	0,05	15	—	D1	—
SFD104	Cosem	german	25	40	1	8	100	25	—	D1	—
IS188	Sanyo	german	35	50	1	10	150	15	—	D1	—
D2B	ZSRR	german	45	(16)	1	5÷10	100	30	1	D1	—
D2E	ZSRR	german	150	(16)	1	2,5÷10	250	100	1	D1	—
D9E	ZSRR	german	50	20	—	—	—	—	—	D1, D2	AAP155
D9W	ZSRR	german	30	20	—	—	—	—	—	D1	AAP152
D9Ż	ZSRR	german	100	15	—	—	—	—	—	D1, D2	AAP120
D9I	ZSRR	german	30	30	—	—	—	—	—	D1	AAP161
D9K	ZSRR	german	30	30	—	—	—	—	—	D1	AAP153
D20	ZSRR	german	20	(16)	1	16	100	—	0,5	D1	—
D101	ZSRR	krzem	200	(50)	1	2	30	—	0,5	D1	—
D104	ZSRR	krzem	200	(50)	1	2	30	—	0,7	D1	—
GD507A	ZSRR	german	20	(16)	1	100	50	—	0,8	K	AAYP37

[1] D1 — detektory; D2 — dyskryminatory; K — układy przełączające.

Tablica 11.6 Sposób oznaczania diod przełączających i szybkich diod prostowniczych

Diody przełączające w obudowie CE37	Barwa	Typ diody
Kropka:	czerwona	BA182
	czarna	BA152P
	żółta	BAP794
	pomarańczowa	BAP794A
	niebieska	BAP795
	szara	BAP795A
Diody prostownicze w obudowie CE31	**Barwa**	**Typ diody**
2 paski	czerwona	BA157
	biała	BA158
	zielona	BA159

napięcia stabilizacji. Dla danego typu diody współczynnik α_{UZ} może mieć wartość dodatnią lub ujemną zależnie od napięcia, na które wykonana jest dioda.

Istnieją diody stabilizujące, w których wykorzystane jest napięcie na złączu spolaryzowanym w kierunku przewodzenia. Są to tzw. diody **stabilizacyjne** np. BAP811 i BAP812. Ich parametrami są:

- **napięcie stabilizacji** U_F;
- **współczynnik temperaturowy** α_{UF};
- **rezystancja dynamiczna** r_F.

Dane techniczne diod stabilizacyjnych produkowanych w Polsce przedstawiono w tabl. 11.8, a w tabl. 11.9 przedstawiono dane techniczne diod zagranicznych.

Stabilistory są cechowane literami i cyframi lub kodem barwnym. Przy oznaczeniu cyfrowo-literowym na korpusie diody umieszczone jest albo pełne oznaczenie typu diody, albo tylko napięcie stabilizacji i tolerancja (literami C lub D; C – 5%, D – 10%). Oprócz tego oznaczona jest polaryzacja diody: paskiem po stronie katody albo symbolem diody. Stabilistory typu BZP683 w obudowie CE02 oznaczane są kodem barwnym składającym się z czterech pasków [36], według tabl. 11.10.

Tablica 11.7 Diody detekcyjne produkcji polskiej [36, 38, 39]

Typ	Material	Parametry dopuszczalne		Parametry charakterystyczne				Zastosowanie[1]	Obudowa
		U_R [V]	I_F [mA]	U_F przy I_F [V]	[mA]	I_R przy U_R [μA]	[V]		
AAP120		120	25	2,2	10	250	100	D1, D2, P	
AAP152		30	16	1	10	200	10	D1	
AAP153		30	16	2,2	10	100	30	D1, D2	rys. 11.7
AAP155		50	16	1,5	10	300	50	D1	
AAP161		30	16	1,5	10	150	10	D1	
DOG52	german	30	16	1	13	250	10	D1	
DOG53		30	16	1	7	100	30	D1, D2	
DOG55		35	16	1	7	250	50	D1	rys. 11.8
DOG56		35	16	1	9	500	50	D1, P	
DOG58		70	16	1	8	500	100	D1, D2	
DOG61		30	16	1	9	200	10	D1	
DOG62		30	16	1	7	150	30	D1	

[1] D1 – detektory; D2 – dyskryminatory; P – prostowniki.

Tablica 11.8 Parametry stabilizatorów i diod stabilizacyjnych

Typ	U_Z przy (U_F) [V]	I_Z (I_F) [mA]	r_Z (r_F) [Ω]	α_{U_Z} (α_{U_F}) $\times 10^{-4}$/°C	P_{tot} [mW]	Obudowa
1	2	3	4	5	6	7
BAP811	(1,45 ÷ 1,65)	(5)	(20)	(–20)	–	rys. 11.1
BAP812	(2 ÷ 2,3)	(5)	(30)	(–25)	–	rys. 11.1
BZP611C3V3	3,1 ÷ 3,5	5	100	–6	250	
BZP611C3V6	3,4 ÷ 3,8	5	100	–5,5	250	
BZP611C3V9	3,7 ÷ 4,1	5	100	–5,1	250	
BZP611C4V3	4,0 ÷ 4,6	5	100	–4,8	250	
BZP611C4V7	4,4 ÷ 5,0	5	90	–4,0	250	
BZP611C5V1	4,8 ÷ 5,4	5	75	–3,2	250	
BZP611C5V6	5,3 ÷ 6,0	5	60	–2,3	250	
BZP611C6V2	5,8 ÷ 6,6	5	40	0	250	
BZP611C6V8	6,4 ÷ 7,2	5	15	+1,9	250	
BZP611C7V5	7,0 ÷ 7,9	5	10	+3,0	250	
BZP611C8V2	7,7 ÷ 8,7	5	10	+4,0	250	
BZP611C9V1	8,5 ÷ 9,6	5	15	+5,1	250	
BZP611C10	9,4 ÷ 10,6	5	15	+5,8	250	
BZP611C11	10,4 ÷ 11,6	5	20	+6,3	250	
BZP611C12	11,4 ÷ 12,8	5	30	+6,8	250	
BZP611C13	11,6 ÷ 14,0	5	30	+7,1	250	
BZP611C15	13,8 ÷ 15,5	5	55	+7,6	250	
BZP611C16	15,3 ÷ 17,0	5	55	+7,7	250	rys. 11.8
BZP611C18	16,8 ÷ 19,0	5	100	+7,8	250	
BZP611C20	18,8 ÷ 21,0	5	120	+7,9	250	
BZP611C22	20,8 ÷ 23,0	5	170	+8,0	250	
BZP611C24	22,8 ÷ 25,6	5	200	+8,0	250	
BZP611C27	25,4 ÷ 28,6	5	200	+8,1	250	
BZP611D1	(0,66 ÷ 0,76)	(5)	(8)	–	250	
BZP611D3V3	2,9 ÷ 3,7	5	130	–6	250	
BZP611D3V9	3,5 ÷ 4,3	5	120	–5,1	250	
BZP611D4V7	4,1 ÷ 5,2	5	90	–3,8	250	
BZP611D5V6	5,0 ÷ 6,3	5	75	–2,4	250	

Tablica 11.8 cd.

1	2	3	4	5	6	7
BZP611D6V8	6,0÷7,5	5	15	+2,4	250	
BZP611D8V2	7,3÷9,2	5	10	+4,6	250	
BZP611D10	8,8÷11,0	5	13	+6,4	250	
BZP611D12	10,7÷13,4	5	30	+7,5	250	
BZP611D15	13,0÷16,5	5	35	+7,8	250	
BZP611D18	16,0÷20,0	5	100	+8,0	250	
BZP611D22	19,6÷24,4	5	200	+8,0	250	
BZP611D27	24,1÷30,0	5	200	+8,2	250	
BZP620C3V9	3,7÷4,1	100	7	−4	1000	
BZP620C4V3	4,0÷4,6	100	7	−3	1000	
BZP620C4V7	4,4÷5,0	100	5	−1	1000	
BZP620C5V1	4,8÷5,4	100	5	0	1000	
BZP620C5V6	5,3÷6,0	100	2	+0,8	1000	
BZP620C6V2	5,8÷6,6	100	2	+2,5	1000	
BZP620C6V8	6,4÷7,2	100	2	+3,5	1000	
BZP620C7V5	7,0÷7,9	100	2	+4,2	1000	
BZP620C8V2	7,7÷8,7	100	2	+4,5	1000	
BZP620C9V1	8,5÷9,6	50	4	+5,3	1000	
BZP620C10	9,4÷10,6	50	4	+6,0	1000	
BZP620C11	10,4÷11,6	50	7	+6,2	1000	
BZP620C12	11,4÷12,8	50	7	+6,5	1000	
BZP620C13	12,6÷14,0	50	11	+6,7	1000	
BZP620C15	13,8÷15,5	50	11	+6,8	1000	
BZP620C16	16,3÷17,0	25	15	+6,8	1000	
BZP620C18	16,8÷19,0	25	15	+6,8	1000	
BZP620C20	18,8÷21,0	25	15	+6,8	1000	rys. 11.5
BZP620C22	20,8÷23,0	25	15	+6,8	1000	
BZP620C24	22,8÷25,6	25	15	+6,8	1000	
BZP620C27	25,4÷28,6	25	15	+6,8	1000	
BZP620D1	(0,7÷0,9)	(100)	(2)		1000	
BZP620D3V9	3,5÷4,3	100	7	−2,3	1000	
BZP620D4V7	4,1÷5,2	100	5	−1,7	1000	
BZP620D5V6	5,0÷6,3	100	4	−0,8	1000	
BZP620D6V8	6,0÷7,5	100	2	+1,8	1000	
BZP620D8V2	7,3÷9,2	100	3	+5,6	1000	
BZP620D10	8,8÷11	50	5	+6,4	1000	
BZP620D12	10,7÷13,4	50	7	+6,9	1000	
BZP620D15	13,0÷16,5	50	11	+7,0	1000	
BZP620D18	16,0÷20,0	25	15	+7,0	1000	
BZP620D22	19,6÷24,4	25	15	+7,0	1000	
BZP620D27	24,1÷30	25	15	+7,0	1000	
BZP630C7V5	7,0÷7,9	5	10	+5,0	250	
BZP630C8V2	7,7÷8,7	5	10	+5,5	250	
BZP630C9V1	8,5÷9,6	5	15	+6,0	250	
BZP630C10	9,4÷10,6	5	15	+6,5	250	
BZP630C11	10,4÷11,6	5	20	+7,0	250	
BZP630C12	11,4÷12,7	5	30	+7,0	250	
BZP630C13	12,4÷14,1	5	30	+7,5	250	
BZP630C15	13,8÷15,6	5	35	+7,5	250	
BZP630C16	15,3÷17,1	5	40	+8,0	250	
BZP630C18	16,8÷19,1	5	55	+8,0	250	
BZP630C20	18,8÷21,1	5	55	+8,0	250	
BZP630C22	20,8÷23,3	5	58	+8,5	250	rys. 11.12
BZP630C24	22,8÷25,6	5	80	+8,5	250	
BZP630C27	25,1÷28,9	5	80	+8,5	250	
BZP630C30	28,0÷32,0	5	90	+9,0	250	
BZP630C33	31,0÷35,0	5	90	+9,0	250	
BZP630D8V2	7,3÷9,2	5	10	+5,5	250	

Tablica 11.8 cd.

1	2	3	4	5	6	7
BZP630D10	8,8 ÷ 11,0	5	15	+6,5	250	
BZP630D12	10,7 ÷ 13,4	5	30	+7,0	250	
BZP630D15	13,0 ÷ 16,5	5	40	+7,5	250	
BZP630D18	16,0 ÷ 20,0	5	55	+8,0	250	
BZP630D22	19,6 ÷ 24,4	5	80	+8,5	250	
BZP630D27	24,1 ÷ 30,0	5	80	+8,5	250	
BZP630D30	27,0 ÷ 33,0	5	90	+9,0	250	
BZP630D33	29,7 ÷ 36,3	5	90	+9,0	250	
BZP650C6V8	6,4 ÷ 7,2	100	2	<+7	1200	
BZP650C7V5	7,0 ÷ 7,9	100	2	<+7	1200	
BZP650C8V2	7,7 ÷ 8,7	100	2	<+8	1200	
BZP650C9V1	8,5 ÷ 9,6	50	4	<+8	1200	
BZP650C10	9,4 ÷ 10,6	50	4	<+9	1200	
BZP650C11	10,4 ÷ 11,6	50	7	<+10	1200	
BZP650C12	11,4 ÷ 12,7	50	7	<+10	1200	
BZP650C13	12,4 ÷ 14,1	50	9	<+10	1200	
BZP650C15	13,8 ÷ 15,3	50	9	<+11	1200	
BZP650C16	15,3 ÷ 17,1	25	10	<+11	1200	
BZP650C18	16,8 ÷ 19,1	25	11	<+11	1200	
BZP650C20	18,8 ÷ 21,2	25	12	<+11	1200	
BZP650C22	20,8 ÷ 23,3	25	13	<+11	1200	rys. 11.13
BZP650C24	22,8 ÷ 25,6	25	14	<+11	1200	
BZP650C27	25,1 ÷ 28;9	25	15	<+11	1200	
BZP650C30	28,0 ÷ 32,0	25	20	<+11	1200	
BZP650C33	31,0 ÷ 35,0	25	20	<+11	1200	
BZP650D6V8	6,0 ÷ 7,5	100	2	<+7	1200	
BZP650D8V2	7,3 ÷ 9,2	100	4	<+7	1200	
BZP650D10	8,8 ÷ 11,0	50	3	<+9	1200	
BZP650D12	10,7 ÷ 13,4	50	7	<+10	1200	
BZP650D15	13,0 ÷ 16,5	50	9	<+10	1200	
BZP650D18	16,0 ÷ 20,0	25	11	<+11	1200	
BZP650D22	19,6 ÷ 24,4	25	13	<+11	1200	
BZP650D27	24,1 ÷ 30,0	25	15	<+11	1200	
BZP650D33	29,6 ÷ 36,5	25	20	<+11	1200	
BZP683C3V3	3,1 ÷ 3,5	5	100	–6	400	
BZP683C3V6	3,4 ÷ 3,8	5	100	–6	400	
BZP683C3V9	3,7 ÷ 4,1	5	100	–5,5	400	
BZP683C4V3	4,0 ÷ 4,6	5	100	–4,5	400	
BZP683C4V7	4,4 ÷ 5,0	5	90	–2,5	400	
BZP683C5V1	4,8 ÷ 5,4	5	75	+2,0	400	
BZP683C5V6	5,2 ÷ 6,0	5	60	+3,0	400	
BZP683C6V2	5,8 ÷ 6,6	5	40	+4	400	
BZP683C6V8	6,4 ÷ 7,2	5	15	+4	400	
BZP683C7V5	7,0 ÷ 7,9	5	10	+5	400	
BZP683C8V2	7,7 ÷ 8,7	5	10	+5,5	400	
BZP683C9V1	8,5 ÷ 9,6	5	15	+6,0	400	
BZP683C10	9,4 ÷ 10,6	5	15	+6,5	400	
BZP683C11	10,4 ÷ 11,6	5	20	+7,0	400	
BZP683C12	11,4 ÷ 12,7	5	20	+7,0	400	
BZP683C13	12,4 ÷ 14,1	5	25	+7,5	400	
BZP683C15	13,8 ÷ 15,6	5	30	+7,5	400	
BZP683C16	15,3 ÷ 17,1	5	40	+8,0	400	
BZP683C18	16,8 ÷ 19,1	5	55	+8,0	400	
BZP683C20	18,8 ÷ 21,2	5	55	+8,0	400	
BZP683C22	20,8 ÷ 23,3	5	58	+8,5	400	rys. 11.10
BZP683C24	22,8 ÷ 25,6	5	80	+8,5	400	
BZP683C27	25,1 ÷ 28,9	5	80	+8,5	400	
BZP683C30	28,0 ÷ 32,0	5	90	+9,0	400	
BZP683C33	31,0 ÷ 35,0	5	90	+9,0	400	

Tablica 11.8 cd.

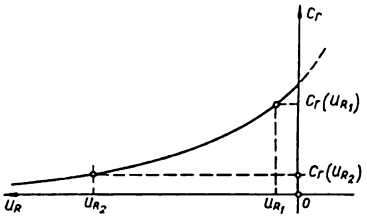
1	2	3	4	5	6	7
BZP683D3V3	2,9÷3,7	5	100	−6,0	400	
BZP683D3V9	3,5÷4,3	5	100	−5,5	400	
BZP683D4V7	4,1÷5,2	5	90	−2,5	400	
BZP683D5V6	5,0÷3,6	5	60	+3,0	400	
BZP683D6V8	6,0÷7,5	5	15	+4,5	400	
BZP683D8V2	7,3÷9,2	5	10	+5,5	400	
BZP683D10	8,8÷1,1	5	15	+6,5	400	
BZP683D12	10,7÷13,4	5	20	+7,0	400	
BZP683D15	13,0÷16,5	5	30	+7,5	400	
BZP683D18	16,0÷20,0	5	55	+8,0	400	
BZP683D22	19,6÷24,4	5	58	+8,5	400	
BZP683D27	24,1÷30,0	5	80	+8,5	400	
BZP683D30	27,0÷33,0	5	90	+9,0	400	
BZP683D33	24,7÷36,3	5	90	+9,0	400	
BZP6870V75	(0,7÷0,85)	(5)	–	–	100	rys. 11.14

Tablica 11.9 Stabilizatory i diody stabilizacyjne produkcji zagranicznej

Typ	Producent	U_z (U_F) [V]	J_z (J_F) [mA]	r_z (r_F) [Ω]	Tolerancja U_z [%]	P_{tot} [mW]	Odpowiednik polski
BZ102	Telefunken	0,7	5	6,5	10	250	–
		1,4	5	13	–	250	–
		2,1	5	19,5	–	250	–
		2,8	5	26	–	250	–
		3,4	5	32,5	–	250	–
BZX16C	Fairchild	11	11,5	9,5	5	400	–
SZX21/8.2	RFT	8,2	–	7	5	250	–
ZE1.5	ITT	(1,45÷1,65)	(5)	(20)	–	–	BAP811
ZE2	ITT	(2÷2,3)	(5)	(30)	–	–	BAP812
ZF3,3÷6,8	Jugosławia	3,3÷6,8	100	–	5	400	BZP611C
ZG1,0÷ZG6,8	Jugosławia	1,0÷6,8	100	–	10	400	BZP611D
ZL1÷ZL27	Jugosławia	1,0÷27,0	0,5	–	10	1300	BZP620D
ZX3,9÷ZX27	Jugosławia	3,9÷27,0	0,5	–	5	1300	BZP620C

Tablica 11.10 Kod barwny stabilistorów typu BZP683 [36]

Kolor	1 pasek 1 cyfra	2 pasek 2 cyfra	3 pasek mnożnik	4 pasek tolerancja
Czarny	—	0	1	—
Brązowy	1	1	—	—
Czerwony	2	2	—	—
Pomarańczowy	3	3	—	—
Żółty	4	4	—	—
Zielony	5	5	—	—
Niebieski	6	6	—	—
Fioletowy	7	7	—	—
Czarny	8	8	—	—
Biały	9	9	0,1	—
Złoty	—	—	—	5%
Srebrny	—	—	—	10%



Rys. 11.2. Charakterystyka warikapu

11.1.5 Diody pojemnościowe (warikapy)

W diodach pojemnościowych (warikapach) wykorzystane jest zjawisko zmiany pojemności złącza półprzewodnikowego pod wpływem napięcia polaryzującego je w kierunku zaporowym. Pojemność złącza C_r maleje ze wzrostem napięcia wstecznego U_R (rys. 11.2). Zmiany pojemności warikapu są w przybliżeniu proporcjonalne do

$1/\sqrt[3]{U_R}$

Najważniejszymi parametrami warikapów są:

C_r – pojemność diody przy określonym napięciu U_R;

$k_C = \frac{C_r(U_{R1})}{C_r(U_{R2})}$ – stosunek pojemności diody przy dwóch napięciach wstecznych (por. rys. 11.2);

$U_{R\,max}$ – maksymalne napięcie wsteczne;

Q – dobroć diody przy określonej częstotliwości pracy f_p

$$Q = \frac{1}{\omega C_r R_S}$$

gdzie R_S – jest rezystancją szeregową diody.

Warikapy są stosowane w sprzęcie elektronicznym do przestrajania obwodów rezonansowych, np. w głowicach UKF. W urządzeniach takich, jak odbiorniki radiowe lub telewizyjne, przestrajanych jest jednocześnie kilka obwodów, przy czym wymagana jest duża współbieżność przestrajania. Dlatego warikapy są często dobierane w komplety, po 2, 3 lub 4 sztuki, mające te same parametry lub też wykonywane w jednym krysztale krzemu, co zapewnia nie tylko równość parametrów, ale i jednakowe warunki temperaturowe.

W tablicy 11.11 podano parametry warikapów produkowanych w Polsce, a w tabl. 11.12 parametry warikapów zagranicznych stosowanych w sprzęcie osiągalnym na naszym rynku. Diody BA507 i BBP602 (tabl. 11.11) podzielone są na grupy w zależności od pojemności dla $U_R = 4$ V. Grupy oznaczone są cyframi rzymskimi w sposób następujący:

grupa	I	II	III	IV
$C_r(4)$	20 ÷ 26	24 ÷ 32	30 ÷ 38	36 ÷ 45 [pF]

Diody BA508 i BBP624 podzielone są na siedem grup:

grupa	I	II	III	IV	V
$C_r(2)$	29 ÷ 36	34 ÷ 41	39 ÷ 46	44 ÷ 51	49 ÷ 56

VI	VII	
54 ÷ 61	59 ÷ 66	[pF]

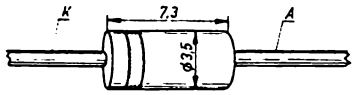
Tablica 11.11 Diody pojemnościowe produkcji polskiej

Typ diody	$U_{R\,max}$ [V]	C_r przy U_R [pF]	[V]	K_C przy U_{R1}	[V]	U_{R2} [V]	Q przy f_p	MHz	Obudowa	Zastosowanie
BA507[1]	20	20÷45	4	1,2	4	10	50	50	rys. 11.8	układy ARcz.
BA508[1]	30	29÷60	2	1,42÷1,7	2	10	100	30	rys. 11.8	układy ARcz.
BB104[2]	30	34÷42	3	2,5÷2,8	3	30	135	100	rys. 11.16	strojenie VHF
BB104[2]	30	37÷42	3	2,5÷2,8	3	30	135	100	rys. 11.16	jw.
BB104G	30	34÷39	3	2,5÷2,8	3	30	135	100	rys. 11.16	jw.
BB105A	28	2,3÷2,8	25	4÷5	3	25			rys. 11.9	strojenie VHF i UHF
BB105AD	28	2,2÷2,8	25	4,5÷6	3	25	–	–	rys. 11.9	jw.
BB105B	28	2,0÷2,3	25	4,5÷6	3	25	–	–	rys. 11.9	jw.
BB105G	28	1,8÷2,8	25	4÷6	3	25	–	–	rys. 11.9	jw.
BB105GD	28	1,8÷2,8	25	4,5÷6	3	25	–	–	rys. 11.9	jw.
BB109	28	4,3÷6,0	25	4,3÷6	3	25	280	50	rys. 11.8	jw.
BBP602	20	20÷45	4	1,2	4	10	50	0,5	rys. 11.8	układy ARcz.
BBP624	30	29÷66	2	1,42÷1,7	2	10	100	30	rys. 11.8	układy ARcz.

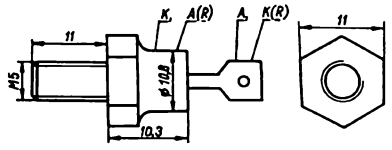
[1] Warikapy o starych oznaczeniach;
[2] Diody podwójne ze wspólną katodą.

Tablica 11.12 Diody pojemnościowe produkcji zagranicznej

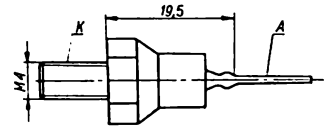
Typ	Producent	$U_{R\,max}$ [V]	C_r przy U_R [pF]	[V]	K_C przy U_{R1}	[V]	U_{R2} [V]	Q przy f_r	[MHz]	Zastosowanie	Uwagi
BA102	Valvo	20	30	4	14	4	20	65	50		
BA124	Telefunken	20	50	2	2,2	2	20	190	30		
BB110	Telefunken	30	30	3	2,65	3	30	—	—	ukł. ARcz.	
BB113	Siemens	32	255	1	20	1	30	—	—	przestrajanie Am	dioda potrójna, obudowa (rys. 11.16)



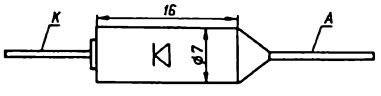
Rys. 11.3. Obudowa typu CE31 [36]



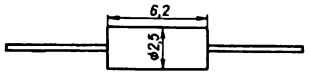
Rys. 11.4. Obudowa typu CE11 [36]



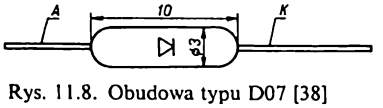
Rys. 11.5. Obudowa diod BYP561÷63 [38]



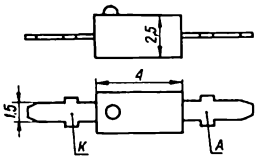
Rys. 11.6. Obudowa diod DZG1÷7 [38]



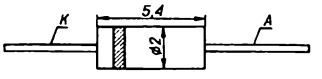
Rys. 11.7. Obudowa diod APP152÷155, 161 i AAYP37 [38]



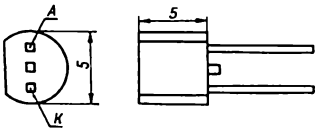
Rys. 11.8. Obudowa typu D07 [38]



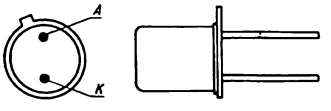
Rys. 11.9. Obudowa typu CE37 [36]



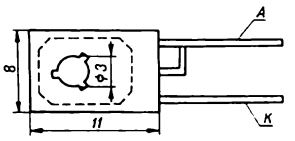
Rys. 11.10. Obudowa typu CE02 [36]



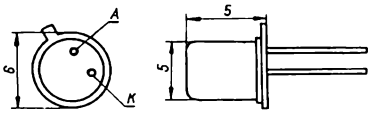
Rys. 11.11. Obudowa typu CE35 [36]



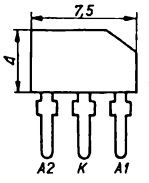
Rys. 11.12. Obudowa typu CE12 [36]



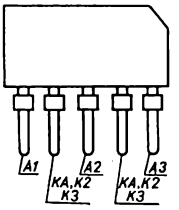
Rys. 11.13. Obudowa typu CE39 [36]



Rys. 11.14. Obudowa typu CE22 [36]



Rys. 11.15. Obudowa typu CE34 [36]



Rys. 11.16. Obudowa diody typu BB113

11.2 Ogólne zasady oznaczania diod produkcji NPCP CEMI

Symbole literowo-cyfrowe diod składają się z dwóch, trzech lub czterech liter, dwóch lub trzech cyfr i czasem jednej litery na końcu.

Pierwsza litera oznacza rodzaj półprzewodnika:

A – german;
B – krzem;
C – arsenek galu, arsenofosforek galu, fosforek galu;
D – antymonek indu;
R – inny materiał.

Druga litera oznacza rodzaj diody:

A – dioda przełączająca, detekcyjna, mieszająca lub stabilizująca małe napięcia;
B – dioda o zmiennej pojemności (warikap);
E – dioda tunelowa;
Y – dioda prostownicza, tłumiąca lub usprawniająca;
X – dioda mikrofalowa;
Z – stabilistor (dioda Zenera).

Trzecia litera i 3 cyfry (lub 2 litery i 2 cyfry):

– P+3 cyfry – element do zastosowania w sprzęcie powszechnego użytku;
– E+3 cyfry – element do układów hybrydowych;
– YP+2 cyfry – element do zastosowań profesjonalnych; litera Y może być zastąpiona literami V, W, X lub Z.

Litera P lub E jest symbolem, który może być pominięty, jeśli dioda ma parametry zgodne z katalogiem Międzynarodowego Stowarzyszenia Naukowego PROELEKTRON.

Cyfry poprzedzone znakiem – określają maksymalne napięcie wsteczne diod prostowniczych. Litera poprzedzona znakiem – oznacza tolerancję napięcia stabilizacji w % i tak:

A – 1%, *B* – 1%, *C* – 5%, *D* – 10%, *E* – 15%

Jeśli napięcie stabilizacji diody Zenera jest liczbą ułamkową, zamiast przecinka stosowana jest litera V. Litera R na końcu symbolu oznacza, że dioda ma anodę na obudowie (polaryzacja odwrotna).

Różne typy obudów diod przedstawiono na rys. 11.3 ÷ 11.16. Diody w obudowie CE37 oznaczone są kropkami barwnymi:

BB105A – kropka biała;
BB105B – kropka biała i biały pasek;
BB105G – kropka zielona;
BB109 – kropka czarna i żółty pasek.

11.3 Uszkodzenie i wymiana

Przyczyną elektrycznego uszkodzenia diody jest przekroczenie dopuszczalnych wartości prądów lub napięć, wynikające z uszkodzenia w innym punkcie układu elektronicznego, nieostrożności w czasie naprawy (praca pod napięciem) lub, co zdarza się niestety nawet w sprzęcie profesjonalnym, niewłaściwego dobrania punktu pracy lub typu diody.

Uszkodzenia mechaniczne polegające na stłuczeniu, rozhermetyzowaniu obudowy lub złamaniu końcówki wynikają z zaginania końcówek zbyt blisko obudowy.

Uszkodzenia w diodzie można łatwo wykryć omomierzem wyposażonym w źródło napięcia o wartości 1,5 V. Badaną diodę należy wylutować z układu (w przypadku diod pojedynczych wystarczy odlutować tylko jedną końcówkę) i sprawdzić rezystancję w obydwu kierunkach.

Rezystancja w kierunku zaporowym (plus omomierza na katodę) jest zależna od rodzaju materiału diody. Jest ona trochę mniejsza w przypadku diod germanowych, jednak zawsze bardzo duża i czasem nie mierzalna. W kierunku przewodzenia (plus na anodę) diody germanowe mają na ogół mniejszą rezystancję niż krzemowe, lecz wartości tej rezystancji nie można określić ze względu na to, że zależna jest od kształtu charakterystyki diody oraz rodzaju i zakresu omomierza użytego do pomiaru. Na przykład przy pomiarze miernikiem uniwersalnym UM5B na zakresie omomierza x1, dioda germanowa DOG58 ma w kierunku zaporowym rezystancję ∞, a w kierunku przewodzenia ok. 260 Ω. Na zakresie x100 rezystancje wynoszą odpowiednio 1 MΩ i 3,5 kΩ. Dioda krzemowa BYP401–50 na zakresie x1 ma rezystancje statyczne ∞ i 320 Ω, a na zakresie x100 ∞ i 17 kΩ.

Pomiary rezystancji uszkodzonej diody najczęściej wykazują albo rozwarcie, albo zwarcie w obydwu kierunkach. Zdarza się jednak, że rezystancje w kierunku zaporowym i przewodzenia różnią się od siebie, lecz nie w tym stopniu co w powyższym przykładzie.

W warunkach domowych nie da się sprawdzić innych parametrów, takich jak napięcie stabilizacji diody Zenera, czy pojemność warikapu. Do pomiaru pierwszego parametru potrzebny jest zasilacz o regulowanym napięciu; do drugiego zasilacz i mostek do pomiaru pojemności. Nie ma jednak potrzeby mierzenia tych wielkości, ponieważ sprawność złącza stwierdzona omomierzem na ogół gwarantuje zachowanie właściwych wartości innych parametrów.

Uszkodzoną diodę należy zastąpić nową, najlepiej tego samego typu i o tych samych parametrach. Jeśli uszkodzona jest dioda pojemnościowa w głowicy UKF lub telewizyjnej głowicy zintegrowanej, w której przestrajanych jest kilka obwodów rezonansowych jednocześnie, trzeba wymienić cały komplet diod pojemnościowych i głowicę zestroić. Prawidłowe zestrojenie głowicy nie jest możliwe bez specjalnych przyrządów, którymi czasem nie rozporządzają nawet punkty naprawcze. Sposób strojenia wykracza poza zakres tej książki, lecz konieczne jest zasygnalizowanie ewentualnych konsekwencji wymiany warikapu. Jest to jedyny rodzaj diody, który przy naprawie należy zastępować wyłącznie identycznym. W przypadku pozostałych rodzajów diod dopuszcza się pewną swobodę działania przy ich zastępowaniu.

W przypadku diod Zenera, najważniejsza jest moc dopuszczalna diody zastępczej. Nie powinna być za mała, bo dioda ulegnie uszkodzeniu, ani za duża, ponieważ dla prawidłowej stabilizacji wymagany jest wtedy większy prąd, który może przeciążyć układ zasilający. Napięcie stabilizacji powinno być takie samo, lecz tam, gdzie dioda stabilizuje większe napięcie, np. od 5 V wzwyż, można dopuścić, by dioda zastępcza miała napięcie stabilizacji większe lub mniejsze o 5 lub 10% (sąsiednie wartości z szeregu napięć stabilizacji). W tym przypadku nie trzeba nawet wymieniać rezystorów ustalających prąd diody.

Gdy uszkodzona dioda miała napięcie stabilizacji niskie (1 ÷ 4 V), co zdarza się w układach stabilizacji punktu pracy wzmacniaczy mocy czy stabilizacji obrotów silnika, napięcie stabilizacji diody zastępczej musi być takie samo. W tych przypadkach ważny jest również współczynnik temperaturowy napięcia stabilizacji. Jeśli nie mamy diody o właściwym napięciu stabilizacji można łączyć szeregowo diody jednakowego typu. Napięcie stabilizacji sumuje się wtedy, a współczynnik temperaturowy trzeba obliczyć. Podamy przykład takiego obliczenia. Stwierdziliśmy, że uszkodzona jest dioda o napięciu stabilizacji 12 V typu BZP620C. Nie mamy takiej diody, więc łączymy diody BZP620C o napięciach stabilizacji 4,3 i 7,5 V. Napięcie stabilizacji będzie wynosić więc ok. 11,8 V. Dioda 4,3 V ma współczynnik temperaturowy $-3 \cdot 10^{-4}$/°C, a dioda 7,5 V ma współczynnik temperatury $+4{,}2 \cdot 10^{-4}$/°C. Przy podgrzaniu diod o 1°C napięcie stabilizacji pierwszej diody zmaleje o 0,00129 V, a drugiej wzrośnie o 0,00315 V. Tak więc napięcie połączonych diod wzrośnie o 0,00186 V, co daje współczynnik temperaturowy $+1{,}6 \cdot 10^{-4}$/°C.

Szeregowo z diodami Zenera można łączyć zwykłe diody (np. prostownicze lub przełączające), pracujące w kierunku przewodzenia. Zwykła dioda krzemowa ma napięcie na złączu ok. 0,7 ÷ 1 V i współczynnik temperaturowy ok. $-30 \div -20 \cdot 10^{-4}$/°C. Należy zwrócić uwagę na to, by dioda zwykła miała dopuszczalny prąd przewodzenia większy od prądu stabilizacji diody Zenera połączonej z nią szeregowo.

Przy łączeniu szeregowym diod ich rezystancje dynamiczne w punkcie stabilizacji sumują się, dlatego należy pamiętać, że diody tak połączone mogą gorzej stabilizować napięcie niż pojedyncza dioda.

Diody detekcyjne można zastąpić dowolnymi diodami detekcyjnymi wykonanymi z tego samego materiału (najczęściej germanu). Wyjątek stanowią diody w dyskryminatorach FM. W przypadku uszkodzenia jednej z nich dla uniknięcia zniekształceń trzeba wymienić obie, zastępując je dobraną parą. Diody detekcyjne, ze względu na łagodne warunki pracy bardzo rzadko ulegają uszkodzeniom. Przyczyną uszkodzeń jest najczęściej nieostrożne obchodzenie się z nimi w czasie naprawy lub montażu, które powoduje zniszczenie szklanej obudowy diody.

Dość często ulegają uszkodzeniom diody przełączające szczególnie w telewizyjnych głowicach zintegrowanych. Przy wymianie należy zwrócić uwagę na to, by pojemność diody zastępczej była nie większa od pojemności diody uszkodzonej a jej dopuszczalne napięcia i prądy były nie mniejsze od wymaganych w układzie.

Najczęściej ulegają uszkodzeniom diody prostownicze, są bowiem narażone na duże przeciążenia prądowe i napięciowe. Przy wymianie diod prostowniczych trzeba pamiętać o tym, by dioda zastępcza miała nie mniejszy niż uszkodzona dopuszczalny prąd w kierunku przewodzenia i nie mniejsze dopuszczalne napięcie wsteczne. Często ważne są również rozmiary diody i sposób jej mocowania.

Diody germanowe można zastępować krzemowymi, jeśli nie jest ważne, że napięcie wyprostowane będzie mniejsze o ok. 0,4 V. Diody krzemowe mają mniejsze prądy wsteczne i przy mniejszych rozmiarach większe dopuszczalne prądy przewodzenia.

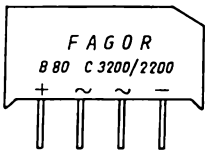
Gdy nie mamy diody o odpowiednio dużym dopuszczalnym prądzie przewodzenia można stosować równoległe połączenie diod słabszych, lecz dla jednakowego rozpływu prądów wymagana jest identyczność charakterystyk. Dla ich wyrównania stosuje się rezystory wyrównawcze o małej rezystancji, połączone szeregowo z diodami.

Przy lutowaniu diod germanowych trzeba dla zabezpieczenia przed przegrzaniem przytrzymywać pensetą końcówkę diody między obudową a miejscem lutowania. Diody krzemowe są mało wrażliwe na temperaturę, jednak należy unikać ich silnego przegrzewania, by nie niszczyć obudowy i nie spowodować zmian w strukturze złącza.

Niektóre diody mocowane są na radiatorach. Jedne z nich mocuje się na podkładkach izolacyjnych przewodzących ciepło (np. mikowych), inne bezpośrednio na radiatorze, zależnie od rodzaju diod i układu zasilacza. Jeśli trzeba stosować podkładkę izolacyjną, z radiatora trzeba usunąć opiłki powstałe przy odkręcaniu uszkodzonej diody, mogące spowodować przebicie podkładki. Dobrze jest posmarować diodę i radiator w miejscu styku pastą silikonową zmniejszającą opór cieplny. Pastę silikonową można zdobyć, np. ze starego tranzystora TG70, po przecięciu jego obudowy.

Niektóre typy diod są wykonywane w dwóch wariantach: z anodą lub katodą połączoną elektrycznie z obudową (tabl. 11.1); należy pamiętać o tym przy wymianie.

12 Prostowniki i powielacze



Rys. 12.1. Obudowa prostownika niskiego napięcia z oznaczeniami

12.1 Prostowniki

Prostowniki są zespołami diod prostowniczych połączonych w układy mostkowe lub szeregowe, przeznaczonymi do prostowania sygnałów zmiennych. W zależności od sposobu prostowania są to

- prostowniki **jednopołówkowe;**
- prostowniki **dwupołówkowe.**

W zależności od wartości napięć, do prostowania których są przeznaczone, dzielą się na:

- prostowniki **niskiego napięcia;**
- prostowniki **wysokiego napięcia** (WN).

Prostowniki niskiego napięcia są przeznaczone do prostowania prądów o częstotliwości sieci energetycznej do zasilania urządzeń z niskiego napięcia (od kilku do kilkuset woltów). Są to zespoły złożone z diod prostowniczych zamknięte we wspólnej obudowie i tworzące mostek Graetza.

W Polsce spotyka się mostki polskie i importowane. Zestawiono je w tabl. 12.1. Prostowniki są dość dobrze oznakowane na obudowie. Znajduje się tam ich pełny symbol i oznaczenia końcówek (rys. 12.1).

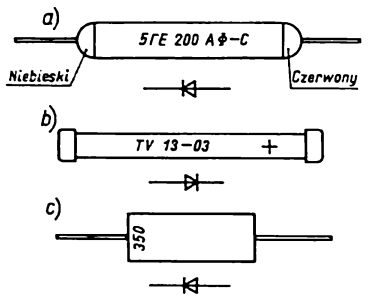
Dawniej w zasilaczach sieciowych stosowano prostowniki selenowe z płytek metalowych pokrytych warstwą selenu. Ze względu na małe dopuszczalne napięcie wsteczne płytki selenowej, dla uzyskania odpowiedniego dopuszczalnego napięcia wstecznego płytki były ułożone w stos i połączone szeregowo. Selen jest dość wrażliwy na temperaturę, dlatego dla uzyskania większych prądów stosowano większe płytki. Z tych względów prostowniki selenowe miały stosunkowo duże rozmiary przy dość słabych parametrach. We współcześnie produkowanym sprzęcie elektronicznym nie mają one zastosowania.

Prostowniki wysokiego napięcia stosowane są w układach wysokiego napięcia odbiorników telewizyjnych. Do niedawna stosowano prostowniki lampowe, tzw. kenotrony. Obecnie, w związku z miniaturyzacją i oszczędnością energii w układach tych stosuje się prostowniki półprzewodnikowe. Zastosowanie półprzewodnikowych prostowników WN pozwala na uproszczenie transformatorów linii i ekranowanie całego bloku.

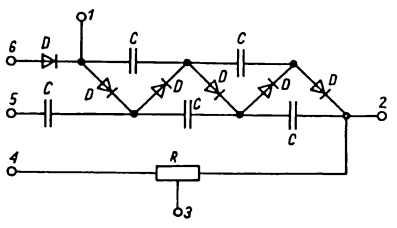
Tablica 12.1 Prostowniki niskiego napięcia

Typ	Producent	U_{RWM} [V]	I_o [A]	Uwagi
B40C2800/2000	Intermetall	40	2	2,8 A z radiatorem
B80C3200/2200		80	2,2	3 A z radiatorem
B80C5000/3300		80	3,3	5 A z radiatorem
1 PM 0,5	Rumunia	50	1,2	odpowiednik 4xBYP-401-50
1 PM 1		100	1,2	odpowiednik 4xBYP-401-100
1 PM 2		200	1,2	odpowiednik 4xBYP-401-200
1 PM 4		400	1,2	odpowiednik 4xBYP-401-400
4BYP250-40	CEMI	40	2,5	
4BYP250-80		80	2,5	
4BYP250-125		125	2,5	
4BYP250-250		250	2,5	

Uwagi:
U_{RWM} – maksymalne napięcie wsteczne;
I_o – prąd wyprostowany.

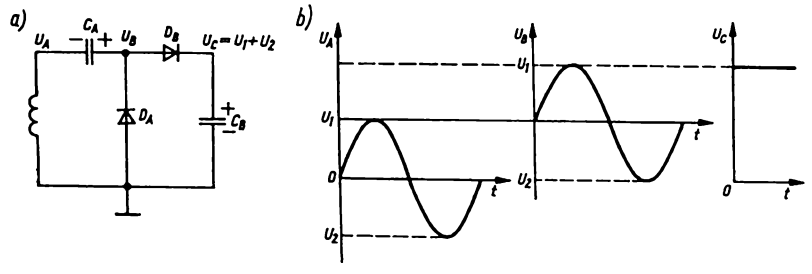


Rys. 12.2. Prostowniki wysokiego napięcia (WN): a), b) selenowe, c) krzemowy typu BYP350



Rys. 12.4. Schemat powielacza typu BG186 do pięciokrotnego powielania napięcia [29]

1 – wejście napięcia zmiennego, *2* – wyjście napięcia anodowego U_{II} = 25 kV, *3* – wyjście napięcia ogniskującego U_F, *4* – wyprowadzenie do dołączenia potencjometru regulującego napięcie ogniskujące, *5* – wyprowadzenie do dołączenia wstępnego obciążenia, *6* – wyjście napięcia 1 kV do zasilania siatek drugich kineskopu



Rys. 12.3. Podwajacz napięcia: a) schemat, b) wykresy napięć

Jako prostowniki stosuje się wysokonapięciowe diody krzemowe lub stosy selenowe (tabl. 12.2). Prostownik selenowy składa się z wielu płytek połączonych szeregowo, zamkniętych w obudowie z materiału bardzo wytrzymałego na przebicie napięciowe i o dużej rezystywności. Wygląd prostowników WN pokazano na rys. 12.2.

12.2 Powielacze

Powielacze stosowane są w celu uzyskania odpowiednio wysokiego napięcia wyprostowanego, które jest potrzebne np. w telewizorach kolorowych. Buduje się je z prostowników z kondensatorami i zamyka we wspólnej obudowie i zalanej tworzywem izolacyjnym. Schemat podwajacza napięcia pokazano na rys. 12.3a, a na rys. 12.3b pokazano przebiegi napięć w układzie. W czasie ujemnej połówki przebiegu zmiennego, przez diodę D_A ładuje się kondensator C_A do napięcia U_2. W czasie dodatniej połówki napięcia zmiennego kondensator C_B ładuje się do sumy napięć $U_1 + U_2$. Jeśli łączyć więcej takich ogniw powielających można uzyskać jeszcze wyższe napięcia.

W odbiorniku telewizji kolorowej „Jowisz" stosuje się pięciokrotne powielenie napięcia w układzie prostowników pokazanym na rys. 12.4. Dopuszczalne napięcia wsteczne prostowników zastosowanych w tym powielaczu wynoszą ok. 15 kV, a pojemności kondensatorów ok. 3 nF. Wytrzymałość napięciowa kondensatorów wynosi 10 ÷ ÷ 12 kV. Stosuje się tu kondensatory poliestrowe lub ceramiczne.

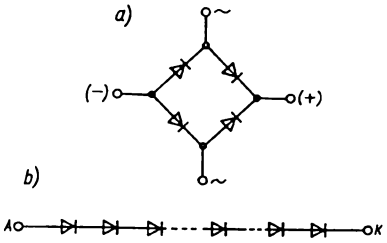
12.3 Uszkodzenia prostowników i powielaczy

Prostowniki ulegają takim samym uszkodzeniom jak diody prostownicze, tzn. przebiciu lub przepaleniu pod wpływem zbyt dużego napięcia wstecznego lub zbyt dużego prądu przewodzenia.

Prostowniki niskiego napięcia zawierające mostek Graetza można sprawdzić omomierzem po wylutowaniu, ponieważ istnieje dostęp do wszystkich czterech diod, a ich połączenie nie fałszuje pomiaru (rys. 12.5). Należy sprawdzić każdą z diod w obie strony. Jeśli którakolwiek z diod stanowi zwarcie, cały prostownik trzeba wymienić.

Tablica 12.2 Prostowniki wysokiego napięcia (WN) [9, 36]

Typ	Rodzaj	U_{RWM} (U_{RRM}) [kV]	I_o (I_F) [mA]	U_F przy I_A [V]	[mA]	Średnica [mm]	Długość [mm]
BYP350-2k	Krzemowy	2	(8)	30	10	4	15
BYP350-8k	Krzemowy	8	(8)	30	10	4	15
BYP350-12k	Krzemowy	12	(8)	37,5	10	4	15
BYP350-16k	Krzemowy	16	(8)	50	10	4	15
TV13	Selenowy	13	1,2	—	—	6,5	60
TV18	Selenowy	18	1,2	—	—	6,5	65
TV20	Selenowy	20	1,2	—	—	6,5	70
5GE100AF	Selenowy	2,5	1,2	—	—	6	48
5GE140AF	Selenowy	3,5	1,2	—	—	6	60
5GE200AF	Selenowy	5	1.2	—	—	6	77
5GE600AF	Selenowy	15	1,2	—	—	9	179
7GE200AF	Selenowy	5	2,5	—		8	80
7GE330AF	Selenowy	8,5	2,5		—	9	125



Rys. 12.5. Schemat prostownika: a) zasilającego w układzie Graetza, b) prostownika WN

Jeśli stanowi rozwarcie można ją zastąpić diodą o właściwych parametrach dołączoną równolegle do odpowiednich końcówek prostownika. Dobór odpowiedniej diody został opisany w p. 11.3.

Prostowniki wysokiego napięcia trudno jest sprawdzić omomierzem ze względu na to, że do pomiaru jest potrzebne duże napięcie, ponieważ diody są połączone szeregowo (rys. 12.5) i nie ma dostępu do każdej diody osobno.

Spalenie prostownika selenowego WN jest wyraźnie widoczne i wyczuwalne (silny nieprzyjemny zapach). Zastępczy prostownik WN powinien mieć wystarczająco duże dopuszczalne napięcie przebicia oraz rozmiary pozwalające na jego zamontowanie. Prostowniki selenowe można zastępować krzemowymi, a jeśli mają za małe napięcie przebicia, można je łączyć szeregowo. Prostowniki WN powinny być czyste i suche dla uniknięcia upływności w kierunku wstecznym.

Prostownikami półprzewodnikowymi można zastępować kenotrony po odpowiedniej przeróbce zespołu transformatora linii polegającej na wprawieniu w podstawkę lampy, końcówki mocującej prostownik i przystosowaniu kapturka cewki WN.

Powielacze, które dają się rozebrać, można naprawić. Powielacze produkcji radzieckiej umieszczone są w plastykowych pudełkach, czasem wypełnionych cerezyną. Łatwo je otworzyć i wymienić uszkodzony element. Niektóre rodzaje powielaczy są zalewane żywicą epoksydową, więc są nierozbieralne, dlatego w razie uszkodzenia trzeba je wymienić w całości.

13 Tranzystory

13.1 Podział

Tranzystory dzieli się ze względu na:

– materiał: **germanowe** i **krzemowe**; germanowe charakteryzują się mniejszymi napięciami na złączach w stanie przewodzenia i większymi prądami zerowymi;
– zasadę działania: **bipolarne** i **unipolarne (polowe)**; unipolarne dzieli się na **złączowe (J-FET)** i z **izolowaną bramką (IG-FET lub MOSFET)**;
– moc dopuszczalną: **małej, średniej** i **dużej mocy**;
– maksymalną częstotliwość pracy: **małej** i **wielkiej częstotliwości**.

W ramach powyższych podziałów wyróżnia się tranzystory o specjalnych właściwościach, takie jak tranzystory **niskoszumne**, tranzystory **wysokonapięciowe**, tranzystory **impulsowe** itp.

13.2 Oznaczenia

Oznaczenia stosowane przez CEMI są obecnie zbliżone, a czasem identyczne z oznaczeniami stosowanymi przez wiele firm zagranicznych. Oznaczenie tranzystora składa się z dwóch, trzech lub czterech liter i dwóch lub trzech cyfr (czasem występuje jeszcze litera na końcu) [36].
Pierwsza litera oznacza rodzaj półprzewodnika:

A – german;
B – krzem.

Druga litera oznacza rodzaj tranzystora:

C – tranzystory małej i średniej mocy małej częstotliwości;
D – tranzystory dużej mocy małej częstotliwości;
F – tranzystory małej mocy wielkiej częstotliwości;
S – tranzystory impulsowe małej mocy;
U – tranzystory impulsowe dużej mocy.

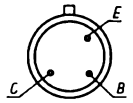
Litery trzecia i czwarta są umownym symbolem wytwórcy i mogą być pominięte w oznaczeniu, jeśli transformator ma obudowę i parametry zgodne z charakterystyką Międzynarodowego Stowarzyszenia Naukowego PROELEKTRON.
Litera P+trzy cyfry oznaczają tranzystor do sprzętu powszechnego użytku, litera E+trzy cyfry oznacza tranzystory do układów hybrydowych, a litery YP+dwie cyfry oznaczają tranzystory do zastosowań profesjonalnych. Litera Y może być zastąpiona literami V, W, X lub Z.
Litera R na końcu oznacza, że tranzystor ma odwróconą kolejność wyprowadzeń bazy i emitera.

Na obudowie tranzystora oznacza się również tzw. grupę współczynnika wzmocnienia prądowego; mogą to być litery A, B lub C albo cyfry rzymskie (patrz tablice parametrów).
Stare oznaczenie tranzystorów składało się z liter TG (tranzystor germanowy) i jednej lub dwóch cyfr oznaczających typ. W sprzęcie powszechnego użytku spotyka się tranzystory produkcji firm zagranicznych (czechosłowackie, NRD, radzieckie, francuskie, amerykańskie) stosujących inne systemy oznaczeń).

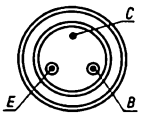
13.3 Parametry

13.3.1 Parametry tranzystorów bipolarnych

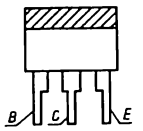
C_{CB0} – pojemność złącza kolektor-baza wpływająca na graniczną częstotliwość pracy tranzystora w układzie wzmacniacza;
F – współczynnik szumów tranzystora;
f_T – częstotliwość graniczna tranzystora, przy której h_{21e} spada do wartości 1;
U_{CB0max} – maksymalne napięcie wsteczne na złączu kolektor-baza przy odłączonym emiterze;
U_{CE0max} – maksymalne napięcie między kolektorem a emiterem przy odłączonej bazie;
U_{EB0max} – maksymalne napięcie wsteczne na złączu emiter-baza przy odłączonym kolektorze;
I_{Cmax} – maksymalny prąd kolektora;
P_{tot} – dopuszczalna moc całkowita wydzielana w tranzystorze;
P_{Cmax} – dopuszczalna moc wydzielana w obszarze kolektora;
t_j – dopuszczalna temperatura złączy;
t_{amb} – zakres temperatur otoczenia, w których tranzystor prawidłowo pracuje;
t_{case} – dopuszczalna temperatura obudowy;
h_{21E} – współczynnik wzmocnienia prądowego dla prądu stałego (statyczny) przy zwartym obwodzie kolektora;
h_{21e} – współczynnik wzmocnienia prądowego dla prądu zmiennego (dynamiczny) przy zwartym obwodzie kolektora;
U_{CEsat} – napięcie między kolektorem a emiterem w stanie nasycenia.



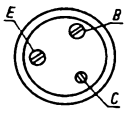
Rys. 13.1. Obudowa typu CE22 [36]



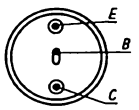
Rys. 13.2. Obudowa tranzystora typu GT402 [9]



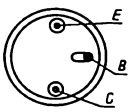
Rys. 13.3. Obudowa tranzystora typu KT315 [9]



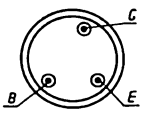
Rys. 13.4. Obudowa tranzystorów typu P213, 216 [9]



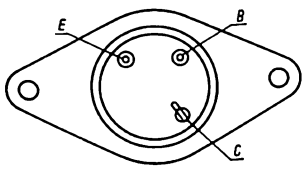
Rys. 13.5. Obudowa tranzystorów MP25 i BF272 [9]



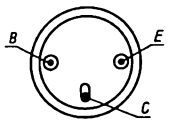
Rys. 13.6. Obudowa tranzystora typu MP25 [9]



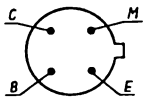
Rys. 13.7. Obudowa tranzystora typu MP25 [9]



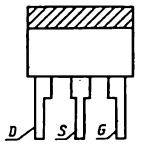
Rys. 13.8. Obudowa tranzystorów typu P213÷216 [9]



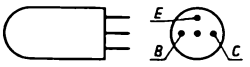
Rys. 13.9. Obudowa tranzystora typu GT402 [9]



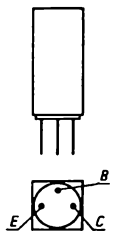
Rys. 13.10. Obudowa tranzystora typu KF521



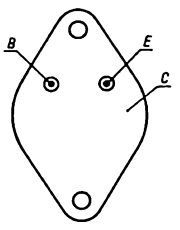
Rys. 13.11. Obudowa tranzystora typu KP103



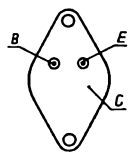
Rys. 13.12. Obudowa tranzystorów typu SFT316, SPT357



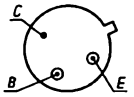
Rys. 13.13. Obudowa tranzystorów typu AC180 i AC181



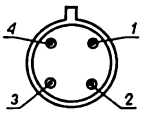
Rys. 13.14. Obudowa typu CE20 [36]



Rys. 13.15. Obudowa typu CE24 [36]



Rys. 13.16. Obudowa typu CE23 [36]



1	2	3	4	
B	E	C	M	*BF 214, 215, 167, 173 i radzieckie*
E	B	C	M	*pozostałe*

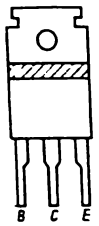
Rys. 13.17. Obudowa typu CE25 [36]

13.3.2 Parametry tranzystorów unipolarnych

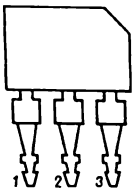
U_{GSmax} – maksymalne napięcie wsteczne na złączu bramka-dren;
U_{DSmax} – maksymalne napięcie między źródłem a drenem;
I_{GSS} – prąd wsteczny bramki;
U_{GSoff} – napięcie bramka-źródło odcinające przepływ prądu drenu przy określonym napięciu między źródłem a drenem;
C_{GS} – pojemność wejściowa tranzystora;
C_{12SS} – pojemność sprzężenia zwrotnego w układzie wspólnego źródła;
$I_{D\,max}$ – maksymalny prąd drenu.

13.4 Dane techniczne

W tablicach 13.1–13.11 podano dane tranzystorów bipolarnych germanowych i krzemowych produkcji polskiej i zagranicznej; uwzględniono tylko tranzystory przeznaczone do sprzętu powszechnego użytku.
Na rysunkach 13.1 ÷ 13.24 pokazano obudowy tych tranzystorów i rozmieszczenie ich wyprowadzeń.
W tablicy 13.12 przedstawiono dane techniczne wybranych tranzystorów unipolarnych, a na rys. 13.25 i 13.26 ich obudowy.

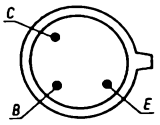


Rys. 13.18. Obudowa typu CE30 [36]

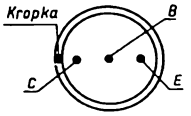


1	2	3	
B	E	C	BE 194÷197
E	B	C	pozostałe

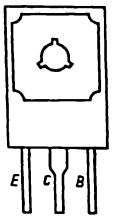
Rys. 13.20. Obudowa typu CE36 [36]



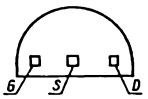
Rys. 13.23. Obudowa tranzystorów TG50÷55 [38]



Rys. 13.24. Obudowa tranzystorów TG2÷20 [38]



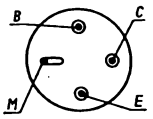
Rys. 13.21. Obudowa typu CE39 [36]



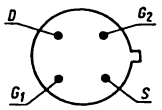
Rys. 13.25. Obudowa tranzystora typu 2SK41

1	2	3	
D	S	G	BE 245
B	E	C	BF 240, 241, 440, 441
E	B	C	pozostałe

Rys. 13.19. Obudowa typu CE35 [36]



Rys. 13.22. Obudowa tranzystorów TG37÷41 [38]



Rys. 13.26. Obudowa tranzystora unipolarnego

Tablica 13.1 Tranzystory krzemowe małej mocy małej częstotliwości produkcji polskiej [36]

Typ	Parametry graniczne					Grupa h_{21e}	Parametry charakterystyczne			Polaryzacja	Obudowa	Zastosowanie
	U_{cb} [V]	U_{eb} [V]	U_{ce} [V]	I_c [mA]	P_{tot} [mW]		h_{21e} przy $U_{ce}=5$ V $I_c=2$ mA	f_T [MHz]	F przy $U_{ce}=5$ V $I_c=0{,}2$ mA [dB]			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BC 107	45	5	50	100	300	A	110÷240	150	10	*npn*	CE22	a
						B	200÷480					
BC 108	20		30			A	110÷240		10	*npn*	CE22	a
						B	200÷480					
						C	400÷850					
BC 109	20		30			B	200÷480		4	*npn*	CE22	b
						C	400÷850					
BC 147	45		50			A	110÷240		10	*npn*	CE36	c
						B	200÷480					
BC 148	20		30			A	110÷240		10	*npn*	CE36	c
						B	200÷480					
						C	400÷850					

Tablica 13.1 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BC 149	20		30			B	200÷480		4	*npn*	CE36	b
						C	400÷850					
BC 157	45		50			VI	65÷150	150	10	*pnp*	CE36	c
						A	110÷240					
BC 158	25		30			VI	65÷150		10	*pnp*	CE36	c
				100	300	A	110÷240					
						B	200÷480					
BC 159	20	5	25			A	110÷240		4	*pnp*	CE36	b
						B	200÷480					
BC 177	45		50			VI	65÷150		10	*pnp*	CE22	c
						A	110÷240					
						B	200÷480					
BC 178	25		30			VI	65÷150	100	10	*pnp*	CE22	c
						A	110÷240					
						B	200÷480					
BC 179	20		25			A	110÷240		4	*pnp*	CE22	b
						B	200÷480					
BC211	40		80	1000	800	B	40÷100		—	*npn*	CE23	e
						10	60÷160	50				
						16	100÷250					
BC 211 A	60	5	100	1000	800	16	100÷250	50	—	*npn*	CE23	e
BC 237	45	6	45	100	300	A	110÷240	150	10	*npn*	CE35	a
						B	200÷480					
BC 238	20	5	20	100	300	A	110÷240	150	10	*npn*	CE35	a
						B	200÷480					
						C	400÷850					
BC 239	20	5	20	100	300	B	200÷480	150	4	*npn*	CE35	b
						C	400÷850					
BC 307	45	5	50	100	300	VI	55÷150	100	10	*pnp*	CE35	a
						A	110÷240					
BC 308	25	5	30	100	300	VI	65÷150	100	100	*pnp*	CE35	a
						A	110÷240					
						B	200÷480					
BC 309	20	5	25	100	300	A	110÷240	100	4	*pnp*	CE35	b
						B	200÷480					
BC 313	40	5	60	1000	800	6	40÷100	50	—	*pnp*	CE23	d
						10	60÷160					
						16	100÷250					
BC 337	45	5	50	800	500	10	60÷160	50	—	*npn*	CE35	c
						16	100÷250					
						25	160÷400					
BC 338	25	5	30	800	500	25	160÷400	50	—	*npn*	CE35	c
BC 393	180	6	180	100	400	—	50	50	—	*pnp*	CE22	d
BC 413	30	5	45	100	300	B	200÷480	250	2,5	*npn*	CE35	b
						C	400÷850					
BC 414	45	5	50	100	300	C	400÷850	250	2,5	*npn*	CE35	c
BC 527	45	5	45	50	300	I	90÷240	150	10	*npn*	CE22	c
						II	180÷480					
						III	360÷850					
BC 528	20	5	20	50	300	III	360÷860	150	10	*npn*	CE22	c
BC 627	45	5	45	50	300	A	180	150	10	*npn*	CE35	c
						B	290					
						C	520					
BC 628	20	5	20	50	300	C	520	150	10	*npn*	CE35	c

Uwagi:
a — do stopni wejściowych m.cz.;
b — niskoszumne stopnie m.cz.;
c — stopnie wejściowe i sterujące m.cz.;
d — stopnie sterujące i wyjściowe średniej mocy m.cz.

Tablica 13.2 Tranzystory krzemowe dużej mocy małej częstotliwości produkcji polskiej [18, 36]

Typ	Parametry graniczne					Grupa h_{21e}	Parametry charakterystyczne					Polaryzacja	Zastosowanie	Odpowiednik	Obudowa
	U_{CE} [V]	U_{CB} [V]	U_{EB} [V]	I_C [A]	P_{tot} [W]		h_{21e}	przy I_C [A]	f_T [MHz]	U_{CEsat} [V]	przy I_C/I_B [A/A]				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BD 135	45	45		0,5	6,5	—	60÷250	0,15	200	0,5	0,5/0,05	*npn*	b	BD 135 Ses.	CE39
BD 136	45	45		0,5	6,5	—	60÷250	0,15	150	0,5	0,5/0,05	*pnp*	b	BD 136 Ses.	CE39
BD 137	60	60		0,5	6,5	—	40÷160	0,15	200	0,5	0,5/0,05	*npn*	b	BD 137 Ses.	CE39
BD 138	60	60		0,5	6,5	—	40÷160	0,15	150	0,5	0,5/0,05	*pnp*	b	BD 138 Ses.	CE39
BD 139	80	80		0,5	6,5	—	40÷160	0,15	200	0,5	0,5/0,05	*npn*	b	BD 139 Ses.	CE39
BD 140	80	80		0,5	6,5	—	40÷160	0,15	150	0,5	0,5/0,05	*pnp*	b	BD 140 Ses.	CE39
BD 354	60	40		3	12,5	A	30÷190	1	10	0,75	2/0,2	*npn*	a	—	CE24
						B	50÷150	1							
						C	100÷300	1							
BD 355	60	40	5	3	12,5	—	100÷300	1	10	0,75	2/0,2	*pnp*	a	—	CE24
BD 643	45	45		8	62,5	—	750	3	1	2	3/0,012	*npn*	a	BD 643 Tfk.	
BD 644	45	45		8	62,5	—	750	3	1	2	3/0,012	*pnp*	a	BD 644 Tfk.	
BD 645	60	60		8	62,5	—	750	3	1	2	3/0,012	*npn*	a	BD 645 Tfk.	
BD 646	60	60		8	62,5	—	750	3	1	2	3/0,012	*pnp*	a	BD 646 Tfk.	
BD 647	80	80		8	62,5	—	750	3	1	2	3/0,012	*npn*	a	BD 647 Tfk.	
BD 648	80	80		8	62,5	—	750	3	1	2	3/0,012	*pnp*	a	BD 648 Tfk.	
BD 649	100	100		8	62,5	—	750	3	1	2	3/0,012	*npn*	a	BD 649 Tfk.	
BD 650	100	100		8	62,5	—	750	3	1	2	3/0,012	*pnp*	a	BD 659 Tfk.	
BDP 279	30	25	3	7	25	—	25	1	3	3,5	7/3	*npn*	c	41500 RCA	
BDP 280	30	25	3	7	25	—	25	1	8	3,5	7/3	*pnp*	c	41501 RCA	
BDP 281	40	30		7	25	—	30÷200	3	4	3,5	7/3	*npn*	c	2N6288 RCA	CE30
BDP 282	40	30		7	25	—	30÷200	3	10	3,5	7/3	*pnp*	c	2N6111 RCA	
BDP 283	60	50		7	25	—	30÷200	2,5	4	3,5	7/3	*npn*	c	2N6290 RCA	
BDP 284	60	50		7	25	—	30÷200	2,5	10	3,5	7/3	*pnp*	c	2N6109 RCA	
BDP 285	80	70		7	25	—	30÷200	2,5	4	3,5	7/3	*npn*	c	2N6292 RCA	
BDP 286	80	70		7	25	—	30÷200	2,5	10	3,5	7/3	*pnp*	c	2N6107 RCA	
BDP 391	50	40		15	25	—	20÷150	5	4	1,3	5/0,5	*npn*	a	2N6486 RCA	
BDP 392	50	40		15	25	—	20÷150	5	4	1,3	5/0,5	*pnp*	a	2N6409 RCA	
BDP 393	70	60	5	15	25	—	20÷150	5	4	1,3	5/0,5	*npn*	a	2N6487 RCA	
BDP 394	70	60		15	25	—	20÷150	5	4	1,3	5/0,5	*pnp*	a	2N6490 RCA	
BDP 395	90	80		15	25	—	20÷150	5	4	1,3	5/0,5	*npn*	a	2N6488 RCA	
BDP 396	90	80		15	25	—	20÷150	5	4	1,3	5/0,5	*pnp*	a	2N6491 RCA	
BDP 491	50	40		15	25	—	20	5	4	1,3	5/0,5	*npn*	a	2N6470 RCA	
BDP 492	50	40		15	25	—	20	5	4	1,3	5/0,5	*pnp*	a	2N6469 RCA	
BDP 493	70	60		15	25	—	20	5	4	1,3	5/0,5	*npn*	a	2N6471 RCA	
BDP 494	70	60		15	25	—	20	5	4	1,3	5/0,5	*pnp*	a	2N6246 RCA	
BDP 495	90	80		15	25	—	20	5	4	1,3	5/0,5	*npn*	a	2N6472 RCA	CE20
BDP 496	90	80		15	25	—	20	5	4	1,3	5/0,5	*pnp*	a	2N6247 RCA	
BDY 23	60	60	10	6	25	A	15÷45	2	10	1	2/0,25	*npn*	c	—	
						B	30÷90								
						C	75÷180								
BDY 24	100	90	10	6	75	C	75÷180	2	10	0,6	2/0,25	*npn*	c	—	
BDY 25	200	140	10	6	25	C	75÷180	2	10	0,6	2/0,25	*npn*	c	—	

Uwagi:
a — stopnie mocy, przełączniki mocy;
b — stopnie sterujące średniej mocy;
c — przełączniki mocy, stopnie mocy, stabilizatory;
Sec. — Sescosem;
Tfk. — Telefunken.

Tablica 13.3 Tranzystory krzemowe wielkiej częstotliwości produkcji polskiej [36]

Typ	Parametry graniczne					Grupa h_{21e}	Parametry charakterystyczne					Polaryzacja	Zastosowanie	Obudowa
	U_{cbo}	U_{ceo}	U_{ebo}	I_c	P_{tot}		h_{21e} przy I_c		f_T	C_{ob} (C_{cb}) przy U_{cb} (U_{cb})				
	[V]	[V]	[V]	[mA]	[mW]			[mA]	[MHz]	[pF]	[V]			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BF 167	40	30	4	25	150		25	4	250	0,25	10		a	CE25
BF 173	40	25	4	25	230		40	7	350	0,3	10		a	CE25
BF 180	30	20	3	20	150		15	2	500	0,4	10		e	CE25
BR 181	30	20	3	20	150		20	2	400	0,4	10		e	CE25
BF 182	30	20	3	20	150		10	2	500	0,5	10		e	CE25
BF 183	30	20	3	20	150		10	2	550	0,5	10		e	CE25
BF 194	30	20	4	30	160		67÷225	1	150	1	10		d	CE36
BR 195	30	20	4	30	160		35÷125	1	150	1	10	*npn*	d	CE36
BF 196	40	30	4	25	160		30	4	250	0,3	10		a	CE36
BF 197	40	25	4	25	250		40	7	350	0,35	10		a	CE36
BF 200	30	20	3	20	150		15	2	400	0,4	10		e	CE25
BF 214	30	30	4	30	165		90÷330	1	250	0,7	10		d	CE25
BF 215	30	30	4	30	165		40÷165	1	150	0,7	10		d	CE25
BF 240	40	40	4	25	300		67÷220	1	430	0,34	(10)		d	CE35
BF 241	40	40	4	25	300		36÷125	1	400	0,34	(10)		d	CE35
BF 257	160	160	5	100	5000		25	30	40	—	—	—	g	CE23
BF 258	250	250	5	100	5000		25	30	40	0,34	(10)	*npn*	g	CE23
BF 259	300	300	5	100	5000		25	30	40	0,34	(10)	*npn*	g	CE23
BF 314	30	30	4	25	300		29	4	450	0,13	(10)	*npn*	d	CE35
BF 414	40	30	4	25	300		30	1	400	—	—	*pnp*	d	CE35
BF 440	40	40	4	25	300		60÷220	1	250	0,4	(10)	*pnp*	d	CE35
BF 441	40	40	4	25	300		30÷125	1	250	0,4	(10)	*pnp*	d	CE35
BF 457	160	160	5	100	1200		25	30	60	(4,5)	30	*npn*	g	CE39
BF 458	250	250	5	100	1200		25	30	60	(4,5)	30	*npn*	g	CE39
BF 459	300	300	5	100	1200		25	30	60	(4,5)	30	*npn*	g	CE39
BF 469	250	250	5	30	1250		50	25	660	(1,8)	30	*npn*	g	CE39
BF 470	250	250	5	30	1250		50	25	660	(1,8)	30	*pnp*	g	CE39
BF 519	70	50	5	50	300	II	20÷35	10	150	(8)	(10)	*npn*	b	CE22
BF 519						III	30÷90							
						V	70÷170							
						VI	150							
BF 520	50	50	5	50	300	II	20÷35	10	150	(8)	(10)	*npn*	b	CE22
						III	30÷40							
						V	70÷170							
BF 521	30	15	5	50	300	II	20÷75	10	150	(8)	(10)	*npn*	b	CE22
						III	30÷90							
						V	70÷170							
						VI	150							
BF 619	70	50	5	50	300	A	70÷35	10	150	(6)	(10)	*npn*	b	CE35
						B	30÷90							
						C	70÷170							
						D	150							
BF 620	50	30	5	50	300	D	150	10	150	(6)	(10)	*npn*	b	CE22
BF 621	30	15	5	50	300	D	150	10	150	(6)	(10)	*npn*	b	CE22

Uwagi:
a — tor pośredniej częstotliwości TV;
b — uniwersalne;
d — głowice VHF i układy pośredniej częstotliwości AM i FM;
e — wzmacniacze UHF;
g — układy wysokonapięciowe małej mocy.

Tablica 13.4 Tranzystory krzemowe wysokonapięciowe i impulsowe dużej produkcji polskiej [36]

Typ	Parametry graniczne						Parametry charakterystyczne					Polaryzacja	Zastosowanie	Obudowa
	U_{CB0} (U_{CES}) [V]	U_{CE0} [V]	U_{EB0} [V]	I_C [A]	P_{tot} przy t_{amb} (P_C) [W]	[°C]	h_{21E} przy I_C	[A]	f_T [MHz]	$U_{CE\,sat}$ przy I_C/I_B [V]	[A/A]			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BU 204	1300	600	5	2,5	10	90	2	2	7,5	5	2/1		a	CE20
BU 205	1500	700	5	2,5	10	90	2	2	7,5	5	2/1		a	CE20
BU 206	1700	800	5	2,5	10	90	1,8	2	7,5	5	2/1		a	CE20
BU 126	(750)	300	6	3	30	50	15÷60	1	6	10	2,5/0,25		c	CE20
BU 326	(800)	375	6	6	60	50	15	0,6	6	10	2,5/0,25	*npn*	c	CE20
BU 406	400	200	6	7	60	25	15	—	10	1	5/0,5		a	CE30
BU 407	330	150	6	7	60	25	15	—	10	1	5/0,5		a	CE30
BUYP 52	120	70	5	5	(50)	25	10	0,5	10	0,35	0,5/0,05		b	CE20
BUYP 53	80	50	5	5	(50)	25	20	0,5	10	0,35	0,5/0,05		b	CE20
BUYP 54	40	30	5	5	(50)	25	20	0,5	10	0,35	0,5/0,05		b	CE20

Uwagi:
a układy odchylania poziomego w odbiornikach telewizyjnych;
b układy przełączające mocy, stabilizatory, wzmacniacze mocy;
c zasilacze impulsowe.

Tablica 13.5 Tranzystory germanowe małej mocy małej częstotliwości [38]

Typ	Parametry graniczne						Parametry charakterystyczne					Polaryzacja	Obudowa	Zastosowanie
	U_{CB0} [V]	U_{CE0} [V]	U_{EB0} [V]	I_C [mA]	P_C przy t_{amb} [mW]	[°C]	h_{21e} przy I_C (h_{21e})	(I_E) [mA]	f_T [MHz]	F [dB]	Odpowiednik			
TG 2	15	10	10	10	75	25	20÷80	3	0,6	10	OC 71			a
TG 3A	15	10	10	10	75	25	75÷130	3	1	—	OC 75			a
TG 3F	15	10	10	10	75	25	80÷250	1	2	10	AC 171			a
TG 4	15	10	10	10	75	25	20÷50	0,5	0,6	10	OC 71		rys.	a
TG 5	30	15	10	10	75	25	25÷80	3	0,6	15	OC 71		13.24	a
TG 5E	15	10	10	10	75	25	25÷80	3	0,6	15	OC 71	*pnp*		a
TG 8	60	20	30	10	75	25	(20÷100)	10	0,6	—	T 25			a
TG 50	30	15	10	150	175	25	30÷120	0,5	0,5	—	OC 72			b
TG 51	60	20	10	150	175	25	(15÷120)	250	0,5	—	OC 77			b
TG 52	30	15	10	150	175	25	(15÷120)	250	0,5	—	OC 76		rys.	b
TG 53	15	10	10	150	175	25	30÷120	10	0,5	—	OC 72		13.23	b
TG 55	30	15	10	150	175	25	30÷120	10	10	—	OC 72			b
AC 361	15	—	10	100	150	25	6÷300	(1)	2,5	6	—			c

Uwagi:
a - wzmacniacze napięciowe m.cz.;
b - wzmacniacze końcowe małej mocy;
c - wzmacniacze wstępne o niskim poziomie szumów.

Tablica 13.6 Tranzystory germanowe małej mocy wielkiej częstotliwości [38]

Typ	Parametry graniczne					Parametry charakterystyczne				Polaryzacja	Obudowa	Zastosowanie	Odpowiedniki
	U_{CB0} [V]	U_{CE0} [V]	U_{EB0} [V]	I_C [mA]	P_C (P_{tot}) [mW]	h_{21E} (h_{21e}) przy I_C (I_A) [mA]		f_T [MHz]	C_{12} (C_c) [pF]				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AF 426	20	20	1	10	(50)	30÷300	1	40	1,5		rys. 13.17	a	AF 126 Siemens
AF 427	20	20	1	10	(50)	30÷300	1	40	1,8		rys. 13.17	a	AF 137 Tfk.
AF 428	20	20	1	10	(50)	30÷300	1	40	2,4		rys. 13.17	a	OC 169 Ph.
AF 429	20	20	1	10	(50)	30÷300	1	40	2,4		rys. 13.17	a	GF 121 RFT
AF 430	15	15	1	10	(50)	30÷300	1	40	4		rys. 13.17	a	
AF 514	15	12	0,3	10	50	10	2	150	(3)		rys. 13.17	b	157 T1 Ses.
AF 515	25	15	0,5	10	50	10	2	150	(3)		rys. 13.17	b	AF 102 Ph.
AF 516	25	18	0,3	10	50	12	1		(0,5)	*pnp*	rys. 13.23	c	AF 106 Siemens
ASY 34	15	10	10	200	150	(20÷200)	10	2	(35)		rys. 13.23	d	ASY 26 Siemens
ASY 35	30	10	20	200	150	(30÷300)	10	3	(20)		rys. 13.23	d	2N 395 Ses.
ASY 36	30	10	20	200	150	(40÷300)	10	5	(20)		rys. 13.23	d	2N 396 Ses.
ASY 37	30	10	20	200	150	(60÷250)	10	10	(20)		rys. 13.23	d	2N 397 Ses.
TG 10	15	5	6	5	75	20	0,5	3	—		rys. 13.24	e	
TG 20	15	5	6	5	75	20	0,5	7	—		rys. 13.24	e	
TG 37	15	—	0,5	10	50	20	1	40	—		rys. 13.22	e	
TG 38	15	—	0,5	10	50	20	1	20	—		rys. 13.22	e	
TG 39	15	—	0,5	10	50	20	1	20	—		rys. 13.22	e	
TG 40	15	—	0,5	10	50	20	1	40	—		rys. 13.22	e	
TG 41	25	—	0,5	10	50	20	2	150	—		rys. 13.22	c	

Uwagi:
a — wzmacniacz p.cz. AM i FM i wzmacniacze w.cz. AM;
b — wzmacniacze i układy generacyjne w.cz.;
c — wzmacniacze w.cz., mieszacze i oscylatory;
d — układy przełączające średniej szybkości;
e — wzmacniacze p.cz., układy generacyjne;
Ph. — Philips;
Ses. — Sescosem;
Tfk. — Telefunken.

Tablica 13.7 Tranzystory germanowe dużej mocy małej częstotliwości [38]

Typ	Parametry graniczne					Parametry charakterystyczne			Polaryzacja	Obudowa	Odpowiedniki[1]
	U_{CB0} [V]	U_{CE0} [V]	U_{EB0} [V]	I_C [A]	P_C [W]	h_{21E} przy	I_C [A]	f_T [MHz]			
AD365	30	15	10	1,5	5			0,38		CE24	AD162
AD366	60	30	10	1,5	5			0,38			AD169
ADP670	30	15	10	1,5	10	30÷200	300	0,1		CE20	AD139
(TG70)									*pnp*		
ADP671	20	10	10	1,5	10	30÷200	300	0,1		CE20	AD155
TG71											
ADP672	60	20	10	1,5	10	30÷200	300	0,1		CE20	AD139
TG72											

[1] Wszystkie wymienione odpowiedniki są produkowane przez firmę Telefunken.

Tablica 13.8 Tranzystory germanowe dużej mocy produkcji zagranicznej

Typ	Producent	Parametry graniczne				Parametry charakterystyczne		Polaryzacja	Odpowiednik	Obudowa
		U_{CEO} [V]	U_{CBO} [V]	P_C [W]	I_C [A]	f_T [MHz]	h_{21E}			
AC180K	Sescosem	32	32	2,5	1,5	1	50	*pnp*	AC188 Mistral	rys. 13.13
AC181K	Sescosem	32	32	2,5	1,5	3,5	50	*npn*	AC187 Mistral	rys. 13.13
AD161	Siemens	20	32	4	3	3	80	*npn*	–	rys. 13.15
AD162	Siemens	32	32	6	3	1,5	50	*pnp*	–	rys. 13.15
P213B	ZSRR	40	45	10	5	0,15	20÷50	*pnp*	–	
P214A	ZSRR	55	60	10	5	0,15	50÷150	*pnp*	TG70[1)]	rys. 13.4 i
P215	ZSRR	70	80	10	5	0,15	20÷150	*pnp*	–	rys. 13.8
P216	ZSRR	40	40	24	7,5	0,15	18	*pnp*		

[1)] Inna obudowa.

Tablica 13.9 Tranzystory germanowe małej mocy produkcji zagranicznej

Typ	Producent	Parametry graniczne				Parametry charakterystyczne		Polaryzacja	Obudowa nr rys.	Odpowiednik
		U_{CEO} [V]	U_{CBO} [V]	I_C [mA]	P_C [mW]	h_{21E}	f_T [MHz]			
AF106	ATES	15	20	10	60	25	100		13.17	AF109
AF139	Siemens	15	20	10	60	10	275		13.17	AF239 Mullard
GT402G	ZSRR	25	–	500	600	60÷150	0,015		13.2, 13.9	–
GT402W	ZSRR	25	–	500	600	30÷80	0,015	*pnp*	13.2, 13.9	–
GT328W	ZSRR	15	–	10	50	40÷200	–		13.1	–
MP25A	ZSRR	40	40	400	200	20÷50	0,2		13.5÷13.7	–
MP25B	ZSRR	40	40	400	220	30÷80	0,5		13.5÷13.7	–
SFT316	RFT	20	20	10	120	–	70		13.12	–
SFT357	RFT	20	20	10	120	–	85		13.12	–

Tablica 13.10 Tranzystory krzemowe małej mocy produkcji zagranicznej

Typ	Producent	Parametry graniczne				Parametry charakterystyczne		Polaryzacja	Obudowa – nr rys.
		U_{CEO} [V]	U_{CBO} [V]	I_C [mA]	P_C [mW]	h_{21E}	fT [MHz]		
BC208	Fairchild	25	25	100	300	–	150		
BF272	ATES	45	45	1000	300	–	150		13.5
KT315A	ZSRR	25	–	100	150	20÷90	–		13.3
KT315B	ZSRR	25	–	100	150	20÷90	–	*npn*	13.3
KT315G	ZSRR	35	–	100	150	70÷350	–		13.3
KT339A	ZSRR	25	40	25	250	25	–		13.17

Tablica 13.11 Tranzystory krzemowe dużej mocy produkcji zagranicznej

Typ	Producent	Parametry graniczne				Parametry charakterystyczne		Polaryzacja	Obudowa – nr rys.	Odpowiednik
		U_{CEO} [V]	U_{CBO} [V]	I_C [A]	P_C [W]	h_{21E}	f_T [MHz]			
KD502	Tesla	60	60	20	150	–	2	}	13.14	–
2N3055	SGS, Toshiba	100	–	15	115	20÷70	0,5	*npn*	13.14	–
2N6292	RCA	80	80	7	16	30÷150	500	}		BD589

Tablica 13.12 Tranzystory unipolarne

Typ	Producent	Parametry graniczne					Typ kanału	Obudowa – nr rys.
		$U_{GS\ max}$ ($U_{GD\ max}$) [V]	$U_{DS\ max}$ [V]	P_{max} [mW]	$U_{GS\ off}$ przy U_{DS} = 10 V i I_D = 10 nA [V]	C_{GS} (C_{12}) [pF]		
KF521[1]	Tesla	20	20	100	3	–	*n*	13.26
KP103M	ZSRR	15	10	150	2,8÷7	20	*p*	13.11
KP103Ż	ZSRR	17	10	150	0,5÷2,2	20	*p*	13.11
2SK41	Sanyo	18	10	200	0,6÷1,2	(0,5)	*n*	13.25
BF 245	CEMI	(30)	30	360	0,5÷8	1,1	*n*	13.19

[1] Tranzystor z izolowaną bramką.

13.5 Uszkodzenia i wymiana

Uszkodzenie tranzystora najczęściej powoduje całkowity zanik funkcji układu lub jego części. Żeby stwierdzić, czy tranzystor jest uszkodzony należy zmierzyć napięcie na elektrodach i porównać z wartościami napięć podanymi na schemacie urządzenia. Jeśli nie mamy schematu, powinniśmy znać zasadę działania układu oraz rolę i rodzaj zastosowanych w nim tranzystorów.

Na wstępie trzeba sprawdzić, czy napięcia na elektrodach tranzystora umożliwiają jego pracę. Jeśli tranzystor bipolarny ma pracować w klasie A lub AB, bez sygnału zmiennego na bazie, powinien płynąć prąd emitera i kolektora. Sprowadzamy to mierząc spadki napięć na rezystorze kolektorowym i emiterowym. Jeśli prąd płynie należy zmierzyć spadek napięcia między kolektorem a emiterem tranzystora. Spadek ten powinien być większy od ok. 0,5 V, tzn. tranzystor nie powinien być ani nasycony, ani zwarty. Następnie sprawdzamy napięcie między bazą a emiterem. Powinno ono wynosić ok. 0,3 V dla tranzystorów germanowych i ok. 0,7 V dla tranzystorów krzemowych, przy czym baza powinna mieć potencjał dodatni względem emitera dla tranzystorów *npn*, a ujemny dla tranzystorów *pnp*.

W przypadku tranzystorów unipolarnych FET przez kanał źródło-dren powinien płynąć prąd, a napięcie na złączu bramka-kanał (bramka-źródło) powinno polaryzować to złącze w kierunku zaporowym. Przy pracy tranzystora w klasie B lub C pomiar stałych napięć na jego elektrodach niewiele nam mówi. Do stwierdzenia czy transzystor pracuje trzeba wtedy użyć oscyloskopu.

Możemy z całą pewnością powiedzieć, że tranzystor jest uszkodzony, jeśli przy pomiarach napięć uzyskamy następujące wyniki:

– napięcie bazy względem emitera w kierunku przewodzenia jest większe od napięcia charakterystycznego dla krzemu lub germanu;

– napięcie wsteczne na złączu baza-emiter znacznie przekracza wartość dopuszczalną.

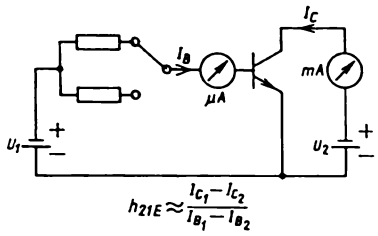
Jeśli napięcia elektrod tranzystora nie różnią się od siebie lub przez tranzystor nie płynie prąd, mimo że na bazie jest prawidłowe napięcie, nie można z całą pewnością twierdzić, że tranzystor jest uszkodzony, ponieważ może być uszkodzony np. któryś z rezystorów dołączonych do jego elektrod. Uszkodzenie rezystora w układzie tranzystorowym jest jednak łatwo stwierdzić, ponieważ rezystor w tych układach może być albo spalony, albo złamany, albo źle wlutowany.

Uszkodzony tranzystor należy wylutować ostrożnie, by nie urwać wyprowadzeń tranzystora i nie uszkodzić sąsiednich elementów ani ścieżek płytki drukowanej. Jeśli tranzystor ma trzy wyprowadzenia można grzać grotem lutownicy kolejne punkty lutownicze, przechylając tranzystor i wyciągać po kolei jego końcówki. Jeśli natomiast tranzystor ma cztery końcówki trzeba grzać jednocześnie dwie końcówki i na zmianę parami je wyciągać.

Jeśli tranzystor jest umieszczony na radiatorze, do jego sprawdzenia trzeba odlutować przewody od bazy i emitera nie odkręcając tranzystora od radiatora, ponieważ jest to pracochłonne i można uszkodzić mikową przekładkę izolującą tranzystor od radiatora. Podejrzany tranzystor można sprawdzić omomierzem wyposażonym w baterię 1,5 V badając rezystancję między jego końcówkami. Dobry tranzystor bipolarny powinien mieć rezystancję jak w tabl. 13.13.

Zdarza się czasem, że pomiar omomierzem wykazuje, że tranzystor jest dobry, a w rzeczywistości jest uszkodzony w taki sposób, że stwierdzić to można dopiero specjalnym przyrządem zwanym charakterografem, na którym można obejrzeć charakterystyki tranzystora. Przyrząd taki jest jednak dla przeciętnego radioamatora niedostępny, a przypadki takich uszkodzeń bardzo rzadkie.

W przypadku tranzystorów unipolarnych typu FET należy sprawdzić przejście między drenem i źródłem (powinno istnieć w obydwie strony) i między którąś z elektrod kanału (źródłem lub drenem) a bramką.



Rys. 13.27. Układ do pomiaru h_{21E}

W przypadku tranzystora z kanałem typu *p*, po dołączeniu bieguna ujemnego omomierza do kanału, a dodatniego do bramki, zmierzona rezystancja powinna być bardzo duża. Przy polaryzacji złącza bramka-kanał w kierunku przewodzenia rezystancja powinna być mała.

Przy pomiarze tranzystora z kanałem typu *n* wyniki pomiaru złącza powinny być odwrotne, tzn. przy dołączeniu plusa do bramki a minusa do źródła rezystancja powinna być mała, a w odwrotnym kierunku – bardzo duża.

Z tranzystorami typu MOSFET należy postępować bardzo ostrożnie. Tranzystory te mają bardzo dużą rezystancję przejścia między bramkami i kanałem dzięki izolacji warstwą tlenku krzemu. Warstwę tę łatwo przebija napięcie elektrostatyczne wprowadzone na bramkę np. przez dotknięcie jej wyprowadzenia ręką lub narzędziem posiadającym ładunek elektryczny. Na takie uszkodzenie jest narażony tranzystor wylutowany z układu; tranzystor wlutowany w układ jest zabezpieczony rezystorem upływowym.

Tranzystor MOSFET można sprawdzić nie wylutowując go z płytki. Sprawdzenie polega przede wszystkim na pomiarze rezystancji bramka-kanał i rezystancji kanału. Najpierw należy dołączyć omomierz między końcówki tranzystora, a dopiero potem odłączać od mierzonych punktów elementy zewnętrzne. Po pomiarze najpierw należy dołączyć odłączone uprzednio elementy, a potem odłączyć przyrząd pomiarowy. Jeśli tranzystor jest uszkodzony, to trzeba go zastąpić najlepiej identycznym. Jeśli takim nie dysponujemy, to tranzystor zastępczy powinien przede wszystkim mieć tę samą polaryzację i być wykonany z tego samego materiału, nie powinien mieć mniejszych napięć przebicia i parametrów istotnych w układzie pracy gorszych niż poprzedni.

Tak więc tranzystor do układu w.cz. powinien mieć nie mniejszą częstotliwość graniczną f_T i nie większą pojemność C_{CB} (C_{12e}). Tranzystor do wzmacniacza m.cz. nie powinien mieć mniejszej mocy i dopuszczalnych prądów. Poza tym powinien mieć taką samą obudowę. Podobnie w układach zasilających.

W stopniach wstępnych m.cz. tranzystor powinien mieć nie gorszy współczynnik szumów *F*.

Są układy, w których może pracować dowolny tranzystor, np. stopnie wzmacniające m.cz. o małym wzmocnieniu, układy wzmacniaczy prądu stałego o małych prądach, układy pamięciowe i sygnalizacyjne itp. Są jednak układy, w których trzeba zastosować dokładnie taki sam tranzystor jak uszkodzony. Są to najczęściej układy symetryczne, takie jak wzmacniacze różnicowe, wyjścia wzmacniaczy mocy m.cz. o słabym sprzężeniu zwrotnym itp., w których tranzystory pracują parami.

Tranzystor dobierany do pary powinien mieć taką samą charakterystykę prądowo-napięciową złącza baza-emiter, takie same współczynniki wzmocnienia prądowego h_{21e} i h_{21E}, prąd kolektora przy rozwartej bazie I_{CE0} i napięcie przebicia, jak drugi tranzystor z pary.

Niektóre z tych parametrów można mierzyć w warunkach domowych za pomocą przyrządów takich jak miliamperomierz, omomierz, rezystory i bateria zasilająca. Napięcie U_{BE} w kierunku przewodzenia dwóch tranzystorów można porównać mierząc rezystancję złącza omomierzem na różnych zakresach. Współczynnik h_{21E} można porównać mierząc każdy z tranzystorów w układzie jak na rys. 13.27. Do bazy tranzystora dołącza się prąd z baterii najpierw przez rezystor R_1, a potem przez R_2; różnicę prądów odczytuje się na miliamperomierzu w szereg z bazą. Jednocześnie odczytuje się różnicę prądów kolektora na miliamperomierzu włączonym szeregowo z baterią w obwód kolektora. Pomiary można wykonać używając jednego miliamperomierza, mierząc najpierw różnicę prądów bazy, a potem różnicę prądów kolektora. Prąd kolektora I_{CE0} można zmierzyć mikroamperomierzem w układzie z rys. 13.27 po odłączeniu bazy tranzystora.

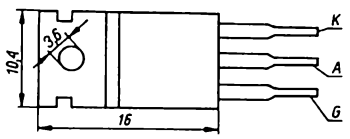
Jeśli nie jesteśmy w stanie dobrać odpowiedniego tranzystora, wówczas trzeba wymienić całą parę, czy czwórkę tranzystorów. Nowy tranzystor typu MOSFET należy najpierw wlutować dokładnie w układ, a dopiero potem usunąć zworę założoną fabrycznie na jego końcówki.

Wymieniając tranzystor mocy mocowany na radiatorze należy zachować szczególną ostrożność, by nie uszkodzić podkładki mikowej, która jest często obustronnie posmarowana pastą silikonową przewodzącą ciepło. Pasta powoduje przyklejenie tranzystora do radiatora i odrywanie go grozi rozwarstwieniem i zniszczeniem podkładki. Przy przykręcaniu tranzystora do radiatora trzeba oczyścić delikatnie radiator, podkładkę i tranzystor z opiłków metalowych, mogących powstać przy odkręcaniu tranzystora. Opiłki często przebijają mikę i powodują zwarcie kolektora do radiatora, który bywa dołączony do masy. Po przykręceniu tranzystora trzeba sprawdzić omomierzem, czy obudowa tranzystora nie ma zwarcia do radiatora.

Tablica 13.13 Rezystancja między elektrodami prawidłowo działającego tranzystora bipolarnego

Badane przejście	Biegun dodatni omomierza	Rezystancja zmierzona
Tranzystor *pnp*		
B–E	E	mała
B–E	B	bardzo duża lub duża
B–C	C	mała
B–C	B	bardzo duża lub duża
E–C	E	bardzo duża
E–C	C	bardzo duża lub mała
Masa – pozostałe elektrody	dowolnie	∞
Tranzystor *npn*		
B–E	B	mała
B–E	E	bardzo duża
B–C	B	mała
B–C	C	bardzo duża
E–C	E	bardzo duża lub mała
E–C	C	bardzo duża
Masa – pozostałe elektrody	dowolnie	∞

14 Tyrystory



Rys. 14.1. Obudowa typu CE30 tyrystora [36]

14.1 Parametry, dane techniczne i oznaczenia

Podstawowymi parametrami tyrystorów są:

U_{DRM} – maksymalne napięcie blokowania;

U_{RRM} – powtarzalne szczytowe napięcie wsteczne (napięcie to w przypadku tyrystorów zintegrowanych z diodą jest niskie ze względu na polaryzację diody w kierunku przewodzenia);

$I_{T(RMS)}$ – wartość skuteczna prądu przewodzenia;

P_{GM} – moc strat w bramce;

I_{GT} – prąd przełączający bramki;

U_{GT} – napięcie przełączające bramki;

di_R/dt – maksymalna szybkość narastania prądu nie powodująca zniszczenia termicznego tyrystora;

t_q – czas wyłączania;

dU_D/dt – maksymalna szybkość narastania napięcia anodowego w kierunku przewodzenia, która nie powoduje samoczynnego włączenia tyrystora.

W tablicy 14.1 podano dane techniczne tyrystorów zintegrowanych z diodą stosowanych w układach odchylania odbiorników telewizyjnych.

Tyrystory z tabl. 14.1 mają obudowę CE30 pokazaną na rys. 14.1. Oznaczenie tyrystorów jest następujące:

- pierwsza litera – rodzaj półprzewodnika (B – krzem);
- druga litera – rodzaj elementu (T – tyrystor);
- trzecia litera i trzy cyfry – umowny symbol wytwórcy (P+3 cyfry – przeznaczenie do sprzętu powszechnego użytku);
- cyfry poprzedzone znakiem „–" – maksymalna wartość napięcia blokowania.

14.2 Uszkodzenia

Tyrystory ulegają uszkodzeniom tego samego rodzaju, co wszystkie elementy półprzewodnikowe, tzn. przebiciom złączy. Typową przyczyną uszkodzeń tyrystorów jest przegrzanie, w wyniku którego następuje pogorszenie parametrów tyrystora, przede wszystkim jego czasu wyłączania. Uszkodzony tyrystor trzeba wymienić.

Jeśli przyczyną uszkodzenia było przegrzanie, trzeba poprawić właściwości chłodzące radiatora np. przez zmatowienie papierem ściernym jego powierzchni promieniującej (powierzchnia, do której dołączony jest tyrystor powinna pozostać gładka), jego poczernienie lub pomalowanie, ewentualnie wymienić radiator na większy. Dla dobrego kontaktu termicznego tyrystor dobrze jest posmarować pastą silikonową.

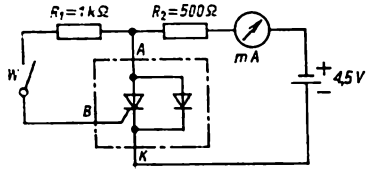
Przed zamontowaniem nowego tyrystora w układzie odchylania telewizora trzeba sprawdzić, czy ma on wystarczająco krótki czas wyłączania. W tym celu należy wlutować do układu tyrystor bez radiatora, włączyć telewizor i sprawdzić, czy układ odchylania pracuje prawidłowo przez co najmniej jedną minutę. Jeśli tak, tyrystor można uznać za odpowiedni, jeśli nie, należy wypróbować inny egzemplarz.

Prawidłowość działania tyrystora można sprawdzić w układzie przedstawionym na rys. 14.2. Przy odłączonej bramce tyrystor

Tablica 14.1 Tyrystory szybkie zintegrowane z diodą [36]

Typ	U_{DRM} [V]	U_{RRM} [V]	$I_{T(RMS)}$ [A]	przy				P_{GM} [W]	di_T/dt [A/µs]	Odpowiednik
				I_{GT} [mA]	U_{GT} [V]	U_D [V]	R_L [Ω]			
BTP128-400	400	4	8	45	4	12	30	25	200	S3901D-RCA
BTP128-550	550	4	8	45	4	12	30	25	200	S3901EF-RCA
BTP129-650	650	4	8	45	4	12	30	25	200	S3900MF-RCA
BTP129-750	750	4	8	45	4	12	30	25	200	S3900SF-RCA

Uwagi:
U_D – napięcie blokowania;
R_L – rezystancja obciążenia

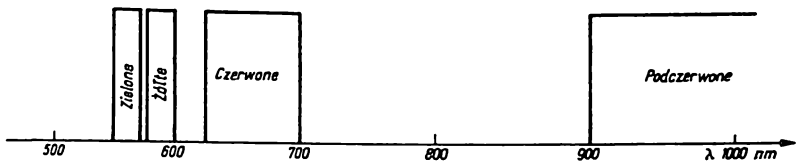


Rys. 14.2. Układ do sprawdzania tyrystora

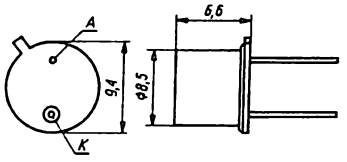
nie powinien się włączyć i miliamperomierz nie powinien wskazywać przepływu prądu. Powinien on się włączyć po zwarciu wyłącznika *W*. Diodę sprawdza się omomierzem.

15

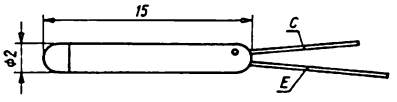
Elementy optoelektroniczne



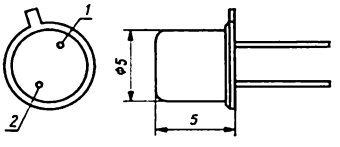
Rys. 15.1. Długości fal promieniowanych przez diody elektroluminescencyjne



Rys. 15.2. Obudowa typu CO01 [36]

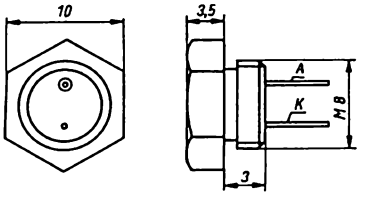


Rys. 15.3. Obudowa typu CO03 [36]

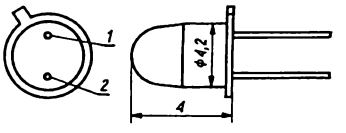


	1	2
BPYP22	E	C
BPYP41	A	K

Rys. 15.4. Obudowa typu CO04 [36]



Rys. 15.5. Obudowa typu CO06 [36]



	1	2
CQYP32	A	K
CQYP33	A	K
CQYP40	A	K
BPYP24	E	C

Rys. 15.6. Obudowa typu CO08 [36]

15.1 Diody elektroluminescencyjne

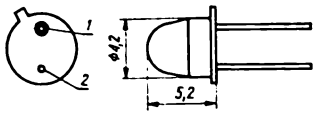
Diody elektroluminescencyjne przetwarzają energię elektryczną na promieniowanie widzialne lub podczerwone (rys. 15.1). Diody wytwarzające promieniowanie widzialne mają zastosowanie w układach sygnalizacji, takich jak wskaźniki dostrojenia, wskaźniki wysterowania, w przełącznikach sensorowych do wskazania włączonego kanału, jako wskaźniki włączenia przełączników (np. zasilania), jako wskaźniki sygnału stereofonicznego itp. Diody podczerwone są stosowane w układach automatyki (np. w gramofonach) i układach zdalnego sterowania.

Diody elektroluminescencyjne są wytwarzane z materiałów półprzewodnikowych takich jak arsenek galu, arsenofosforek galu i antymonek indu. W związku z tym spadek napięcia na złączu spolaryzowanym w kierunku przewodzenia wynosi od 2 do 3 V, a dopuszczalne napięcie wsteczne od 3 do 5 V. Są one dość wrażliwe na wysoką temperaturę, dlatego temperatura otoczenia w czasie pracy nie powinna być wyższa od +55 ÷ 70°C, a temperatura przechowywania od +70 ÷ 80°C.

Parametrami diod elektroluminescencyjnych są:

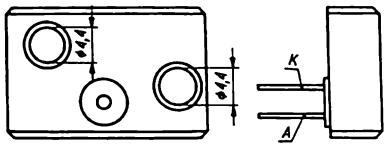
- I_{Fmax} – maksymalny prąd przewodzenia;
- U_F – napięcie na złączu w kierunku przewodzenia;
- J_v – światłość;
- P_e – moc emitowana;
- J_e – gęstość promieniowania.

W tablicy 15.1 zestawiono dane techniczne diod elektroluminescencyjnych produkcji polskiej, a na rys. 15.2 ÷ 15.20 – obudowy elementów optoelektronicznych.

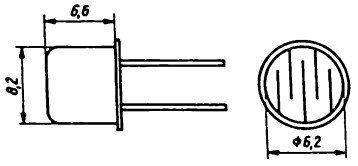


	1	2
BPXP28	E	C
CQYP15	K	A
CQYP16	K	A

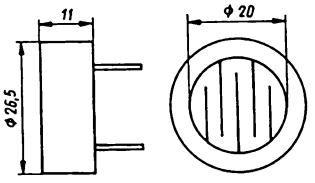
Rys. 15.7. Obudowa typu CO09 [36]



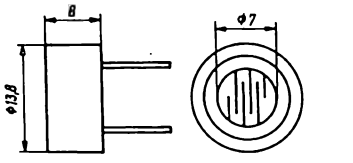
Rys. 15.8. Obudowa typu CO11 [36]



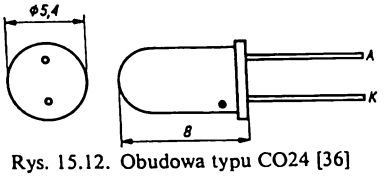
Rys. 15.9. Obudowa typu CO16 [36]



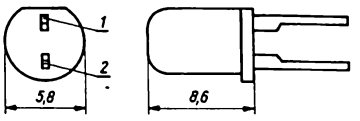
Rys. 15.10. Obudowa typu CO17 [36]



Rys. 15.11. Obudowa typu CO19 [36]

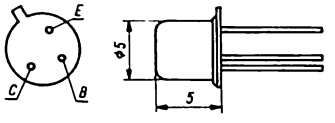


Rys. 15.12. Obudowa typu CO24 [36]

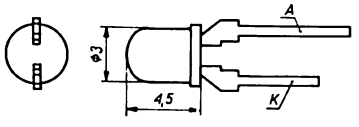


	1	2
CQP441	K	A
CQP442	K	A
CQP443	K	A
BPRP24	C	E
CQWP42	A	K

Rys. 15.13. Obudowa typu CO26 [36]



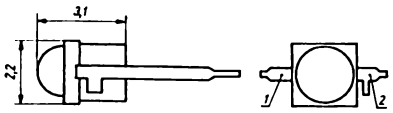
Rys. 15.14. Obudowa typu CO28 [36]



Rys. 15.15. Obudowa typu CO29 [36]

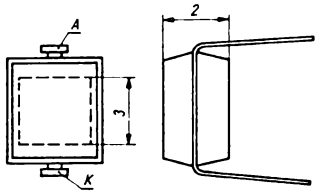
Tablica 15.1 Diody elektroluminescencyjne [36]

Typ	Rodzaj-barwa	$I_{F\,max}$ [mA]	U_F [V]	I_V [mcd/sr] (P_v) [mW] ((I_v)) [mW/sr]	Soczewka	Obudowa
CQP431	czerwona	30	2	1	czerwona matowa	CO29
CQP432	zielona	30	3,2	1	zielona matowa	CO29
CQP433	żółta	30	3,2	1	żółta matowa	CO29
CQP441A	czerwona	50	2,0	0,8	bezbarwna	CO26
CQP441B	czerwona	50	2,0	0,8	czerwona przezroczysta	CO26
CQP441C	czerwona	50	2,0	0,5	czerwona matowa	CO26
CQP442	zielona	30	3,0	0,8	zielona matowa	CO26
CQP443	żółta	30	3,2	1,0	żółta matowa	CO26
CQP461	czerwona	30	2,0	0,4	czerwona przezroczysta	CO30
CQP462	zielona	30	3,0	0,4	zielona przezroczysta	CO30
CQP463	żółta	30	3,0	0,6	żółta przezroczysta	CO30
CQYP32A	zielona	30	3,2	0,8	zielona przezroczysta	CO08
CQYP32B	zielona	30	3,2	0,4	zielona matowa	CO08
CQYP33A	żółta	30	3,2	0,8	żółta przezroczysta	CO08
CQYP33B	żółta	30	3,2	0,4	żółta matowa	CO08
CQYP40A	czerwona	30	2,0	0,8	czerwona przezroczysta	CO08
CQYP40B	czerwona	30	2,0	0,4	czerwona matowa	CO08
CQWP13	podczerwona	10	1,5	(0,2)		CO30
CQWP42	podczerwona	100	1,7	((20))		CO26
CQYP15	podczerwona	100	1,5	(0,5)		CO09
CQYP16	podczerwona	40	1,5	(1,5)		CO09
CQYP17	podczerwona	300	1,7	(0,5)		CO11
CQYP19	podczerwona	200	1,5	(1,0)		CO06
CQYP20	podczerwona	50	1,7	(2,5)		CO06
CQYP23A	podczerwona	100	1,7	((10))		CO24
CQYP23B	podczerwona	100	1,7	((14))		CO24
CQYP22	podczerwona	100	1,7	(10)		CO24

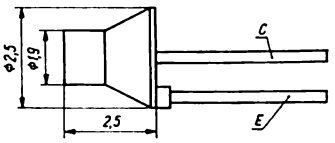


	1	2
BPRP25	E	C
CQP481	A	K
CQP452	A	K
CQP463	A	K
CQWP13	K	A

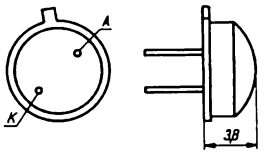
Rys. 15.16. Obudowa typu CO30 [36]



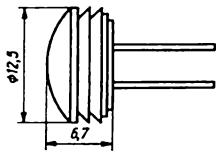
Rys. 15.17. Obudowa typu CO32 [36]



Rys. 15.18. Obudowa typu CO36 [36]



Rys. 15.19. Obudowa typu CO40 [36]



Rys. 15.20. Obudowa typu CO44 [36]

15.2 Fotodiody

Fotodiody są detektorami promieniowania widzialnego i podczerwonego. Przy polaryzacji diody w kierunku zaporowym prąd wsteczny jest zależny od natężenia promieniowania padającego na złącze. Fotodiody są używane w układach automatyki i zdalnego sterowania jako czujniki sterujące urządzeniami wykonawczymi, np. w układach stabilizacji prędkości obrotów talerza gramofonu lub zdalnego sterowania odbiornika telewizyjnego.

Własności fotodiod charakteryzują następujące parametry:

- U_{Rmax} – dopuszczalne napięcie wsteczne;
- I_p – maksymalny fotoprąd;
- P – dopuszczalna moc wydzielana;
- $S_{I\lambda}$ – czułość prądowa na promieniowanie monochromatyczne;
- λ_{opt} – długość fali odpowiadająca maksimum czułości.

Dane techniczne fotodiod produkcji polskiej zestawiono w tabl. 15.2.

Tablica 15.2 Fotodiody [36]

Typ	Parametry dopuszczalne		Parametry charakterystyczne				Obudowa
	$U_{R\,max}$ [V]	I_p (P) [mA]([mW])	$S_{I\lambda}$ przy $\lambda = 900$ nm [A/W] ([μA · cm²/mV])	U_R [V]	Zakres pracy $\lambda_1 \div \lambda_2$ [nm]	λ_{opt} [nm]	
BPYP30	100	1,5	0,25	60	450÷1100	800	CO01
BPYP35	100	1,5	0,25	60	450÷1100	800	CO01
BPYP41	100	1,0	0,25	60	400÷1100	800	CO04
BPYP44	100	1,5	0,4	45	400÷1100	800	CO01
BPYP46	100	1,5	(45)	45	700÷1100	900	CO40
BPSP34	32	(150)	0,55	10	400÷1150	850	CO32

Tablica 15.3 Fototranzystory [36]

Typ	U_{CEmax} [V]	P_{max} [mW]	I_o przy U_{CE} [μA]	[V]	$E = 1000$ lx I_L przy U_{CE} [mA]	[V]	f_T [kHz]	Obudowa
BPRP22	30	100	0,1	15	0,7	5	70	CO28
BPRP24	15	100	0,1	15	0,8	5	60	CO26
BPRP25	15	20	0,1	15	0,1	5	60	CO30
BPXP28	25	150	0,2	5	A: 0,5[1] B: 10[1]	2		CO09
BPXP21	8	50	0,5	6	0,05	5	30	CO03
BPYP22	15	100	0,1	15	0,25	12	60	CO04
BPYP24	15	100	0,1	15	1,0	5	60	CO08
BPYP25	15	20	0,1	15	0,1	5	60	CO36

[1] Przy $E = 100$ lx.

15.3 Fototranzystory

Fototranzystory mają podobne właściwości jak fotodiody, są jednak od nich czulsze. Sygnałem sterującym fototranzystor jest strumień światła widzialnego lub podczerwonego padający na złącze baza-emiter. Parametrami fototranzystorów są:

- I_o – prąd ciemny (bez oświetlenia);
- I_L – prąd jasny (fototranzystora oświetlonego).

W tablicy 15.3 zestawiono dane techniczne fototranzystorów produkcji polskiej; wszystkie dane dotyczą fototranzystorów *npn*.

Tablica 15.4 Fotorezystory [36]

Typ	U_{max} [V]	P_{max} [W]	R_C przy U		R_I [kΩ]	$E = 1000$ lx S przy U		λ [nm]	Obudowa
			[MΩ]	[V]		[μA/lx] ([V/W])	[V]		
RPP111	⩽ 500	⩽ 0,1	⩾ 100	100	10 ÷ 50	0,2 ÷ 1,0	10	580 ÷ 680	CO19
RPP120	⩽ 150	⩽ 0,1	⩾ 10	100	1 ÷ 5	2 ÷ 10	10	580 ÷ 680	CO19
RPP121	⩽ 110	⩽ 0,1	⩾ 10	50	0,1 ÷ 0,5	10 ÷ 50	5	580 ÷ 680	CO19
RPP130	⩽ 150	⩽ 0,1	⩾ 10	100	1 ÷ 10	1 ÷ 10	10	580 ÷ 680	CO19
RPP131	⩽ 110	⩽ 0,1	⩾ 10	50	0,4 ÷ 1,2	4,15 ÷ 12,5	5	580 ÷ 680	CO19
RPP135	65+20%	⩽ 0,1	⩾ 0,033	50	0,025 ÷ 0,05	20 ÷ 40	1	580 ÷ 680	CO19
RPP333	⩽ 60	⩽ 0,05	⩾ 5	50	0,5 ÷ 2	12,5 ÷ 50	5	540 ÷ 630	CO16
RPP550	⩽ 350	⩽ 0,6	⩾ 1	100	0,04 ÷ 0,2	25 ÷ 125	5	580 ÷ 680	CO17
RPYP63	⩽ 30	–	0,3–2,5	–	–	(> 1000)	–	1200 ÷ 2400	CO16
RPYP63F	⩽ 30	–	0,3–2,5	–	–	(> 1000)	–	1200 ÷ 2400	CO16
RPYP63W	⩽ 30	–	0,3–2,5	–	–	(> 500)	–	1200 ÷ 2100	CO44

15.4 Fotorezystory

Fotorezystory są elementami, których rezystancja maleje z natężeniem światła. Są używane w układach automatyki np. do stabilizacji prędkości obrotów, regulacji jasności świecenia wskaźników optycznych lub jaskrawości obrazu telewizyjnego w zależności od jasności pomieszczenia itp. oraz do pomiaru natężenia światła. Są czule na światło widzialne lub podczerwone.

Parametrami fotorezystorów są:

R_C – rezystancja rezystora nieoświetlonego;
R_L – rezystancja rezystora oświetlonego;
S – czułość fotorezystora.

Dane techniczne zestawiono w tabl. 15.4.

15.5. Uszkodzenia elementów optoelektronicznych

Uszkodzenia elementów optoelektronicznych są dość łatwe do stwierdzenia.

Nieświecenie diody elektroluminescencyjnej może być spowodowane przerwą wewnątrz obudowy lub jej przegrzaniem. Należy wówczas sprawdzić, czy na jej końcówkach jest napięcie zasilające polaryzujące diodę w kierunku przewodzenia (patrz tabl. 15.1). Jeśli jest, należy diodę wymienić na nową.

Fototranzystor można sprawdzić mierząc napięcie na jego kolektorze przy różnych natężeniach światła. Podobnie postępuje się z fotodiodą i fotorezystorem. W przypadku fotodiody należy używać woltomierza o dużej rezystancji wejściowej. Fototranzystor można sprawdzić również omomierzem, najlepiej po wylutowaniu z układu.

Trudniej jest sprawdzić diodę elektroluminescencyjną emitującą promieniowanie podczerwone, ponieważ nie jest ono widoczne. Do sprawdzenia należy użyć odbiornika podczerwieni uprzednio sprawdzonego, którym steruje badana dioda (odbiornik czuły jest również na światło widzialne, jeśli nie ma specjalnego filtru).

Uszkodzony element należy wymienić na nowy, najlepiej na identyczny, ponieważ:

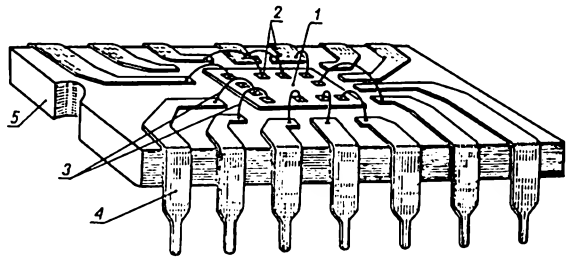
– dioda elektroluminescencyjna na ogół pracuje w zespole kilku diod lub kilka diod jest zamontowanych na płycie czołowej urządzenia, dlatego ze względów estetycznych powinna mieć właściwą intensywność i barwę świecenia. Ponadto zamontowanie diody o innej obudowie może sprawiać trudności konstrukcyjne;
– elementy optoelektroniczne mają obudowy i sposób mocowania właściwy dla danego typu elementu, więc zamontowanie innego może sprawiać duże trudności;
– zamontowanie elementu o innych parametrach wymaga zmiany układu pracy.

Jeśli jednak nie ma innego wyjścia niż zastąpienie uszkodzonego elementu innym, o innych parametrach, należy wziąć pod uwagę następujące zalecenia:

– w przypadku wymiany diod elektroluminescencyjnych emitujących światło widzialne należy ustawić prąd diody tak, by nie wydzielało się w niej ciepło, a jednocześnie intensywność świecenia była właściwa. Na przykład dioda o maksymalnym prądzie przewodzenia 30 mA (np. CQYP40B) świeci jasno już przy prądzie 10 mA, a zaczyna świecić przy 1 ÷ 2 mA. Rodzaj soczewki ma zasadniczy wpływ na efekt świecenia: soczewka matowa daje świecenie bardziej widoczne, soczewka barwiona daje intensywniejszą barwę;
– przy wymianie fotodiody należy zastosować diodę zastępczą o odpowiedniej wartości dopuszczalnego napięcia wstecznego;
– przy wymianie fotorezystorów należy zastosować fotorezystor czuły na właściwy zakres promieniowania, jeśli zależy nam na możliwie największej czułości układu;
– przy wymianie fototranzystora należy zwrócić uwagę na dopuszczalne napięcie;
– w przypadku wymiany diody elektroluminescencyjnej emitującej promieniowanie podczerwone, należy zastosować diodę emitującą promieniowanie o odpowiedniej mocy.

16

Układy scalone monolityczne



Rys. 16.1. Budowa układu scalonego (zdjęta górna część obudowy)
1 – kryształ półprzewodnika, *2* – kontakty metalizowane, *3* – druty łączące, *4* – wyprowadzenia, *5* – dolna część obudowy

16.1 Budowa

Pod pojęciem monolitycznego układu scalonego rozumiemy układ elektroniczny wytworzony wewnątrz jednego kryształu krzemu. Drogą odpowiedniego trawienia i domieszkowania wytwarza się w nim odpowiednio ułożone złącza półprzewodnikowe i obszary, tworzące tranzystory, diody, rezystory i kondensatory.

Kryształ ma pewną ilość metalizowanych pól, do których przymocowuje się cienkie druty łączące kryształ z wyprowadzeniami układu scalonego (rys. 16.1). Całość jest umieszczona w obudowie plastykowej, ceramicznej lub metalowej. Rodzaj obudowy jest zależny od mocy wydzielanej w układzie. Obudowy układów dużej mocy są przystosowane do przykręcenia radiatora lub zawierają radiator. Układy scalone mogą mieć bardzo różny stopień integracji zawierając od kilku do kilku tysięcy elementów.

16.2 Oznaczenia

Oznaczenie układu scalonego stosowane w Polsce składa się z trzech liter, czterech cyfr i jednej litery na końcu.

Pierwsza litera oznacza wykonanie:

U – układ bipolarny;
M – układ zawierający struktury MOS.

Druga litera oznacza funkcje układu:

C – układ cyfrowy;
L – układ analogowy;
B – inny.

Trzecia litera określa przeznaczenie układu:

A – do zastosowań specjalnych;
Q – do zastosowań specjalnych o podwyższonej niezawodności;
T – do zastosowań profesjonalnych o podwyższonej niezawodności;
X – prototypowe, doświadczalne lub na zamówienie;
Y – do zastosowań profesjonalnych;
brak trzeciej litery – do sprzętu powszechnego użytku.

Pierwsza cyfra oznacza zakres temperatur pracy:

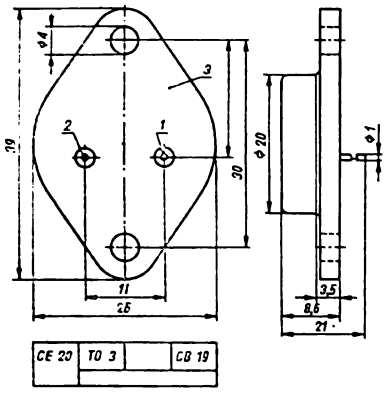
4 – −55 ÷ +85°C;
5 – −55 ÷ +125°C;
6 – −40 ÷ +80°C;
7 – 0 ÷ +70°C;
8 – −25 ÷ +85°C;
1 – inny zakres niż podane.

Następne trzy cyfry oznaczają numer serii i funkcję układu:

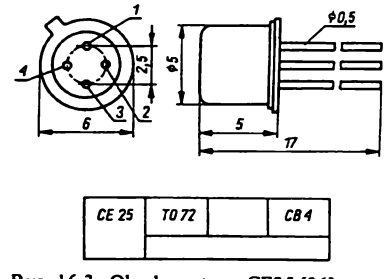
000–099 – modulatory i demodulatory;
100–199 – układy uniwersalne;
200–249 – radiowe i telewizyjne wzmacniacze p.cz.;
250–299 – inne układy radiowe i telewizyjne;
300–399 – wzmacniacze małych sygnałów m.cz.;
400–499 – wzmacniacze mocy m.cz.;
500 – 599 – układy zasilające i stabilizatory;
600–699 – dekodery stereo- i kwadrofoniczne;
700–799 – wzmacniacze operacyjne i komparatory;
800–899 – przetworniki i generatory;
900–999 – inne układy.

W układach cyfrowych cyfry druga, trzecia i czwarta oznaczają funkcję układu, np. 400 – czterokrotna, dwuwejściowa bramka NAND (zanegowany iloczyn), a 490 – binarny licznik do dziesięciu. Po drugiej cyfrze bywają oznaczone literą (lub dwiema) określającą specjalne właściwości:

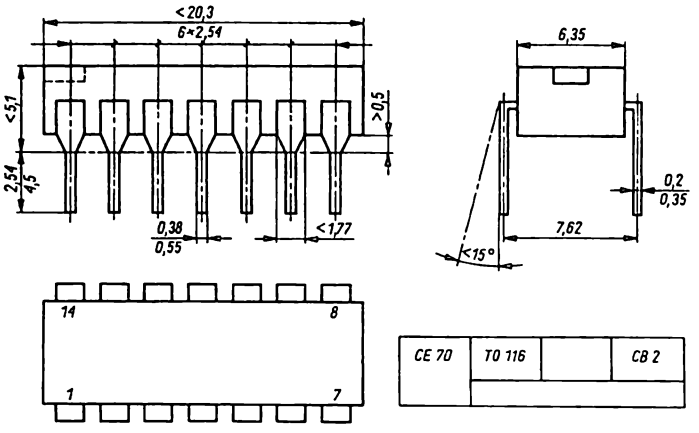
H – układy szybkie;
S – układy bardzo szybkie zawierające diody Schottky'ego;
L – układy o małym poborze mocy.



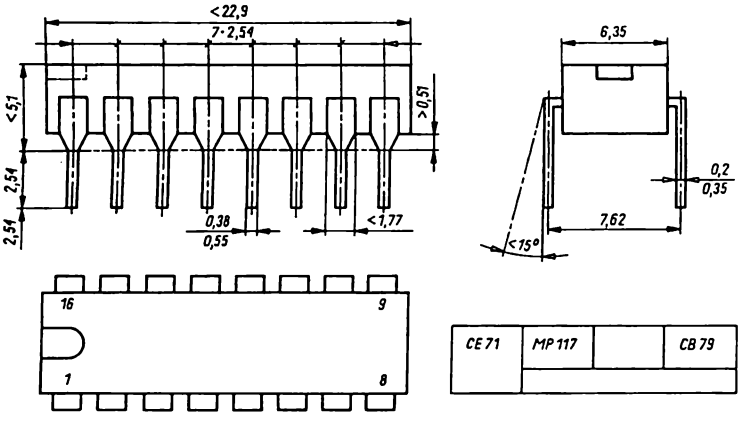
Rys. 16.2. Obudowa typu CE20 [36]



Rys. 16.3. Obudowa typu CE25 [36]



Rys. 16.4. Obudowa typu CE70 [36]



Rys. 16.5. Obudowa typu CE71 [36]

Litera na końcu oznaczenia układu scalonego oznacza rodzaj obudowy:

F – obudowa płaska metalowa izolowana od układu;

S – obudowa płaska metalowa mająca kontakt elektryczny z podłożem układu scalonego i wyprowadzeniem masy;

H – obudowa płaska ceramiczna;

I – obudowa dwurzędowa ceramiczna (DIL);

N – obudowa dwurzędowa plastykowa (DIL);

L – obudowa kubkowa metalowa z wyprowadzeniami rozmieszczonymi kołowo;

K – obudowa czterorzędowa plastykowa;

M – obudowa czterorzędowa plastykowa z wkładką radiatorową;

P – obudowa czterorzędowa plastykowa z radiatorem bocznym zagiętym;

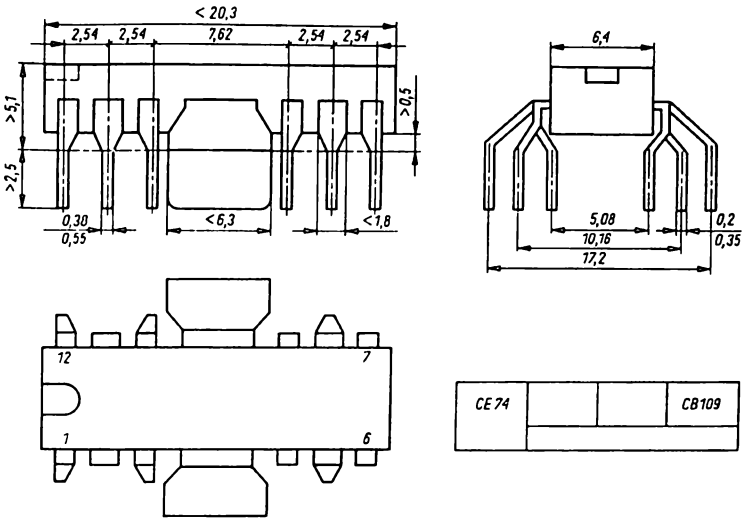
T – obudowa czterorzędowa plastykowa z radiatorem bocznym prostym;

R – inna obudowa.

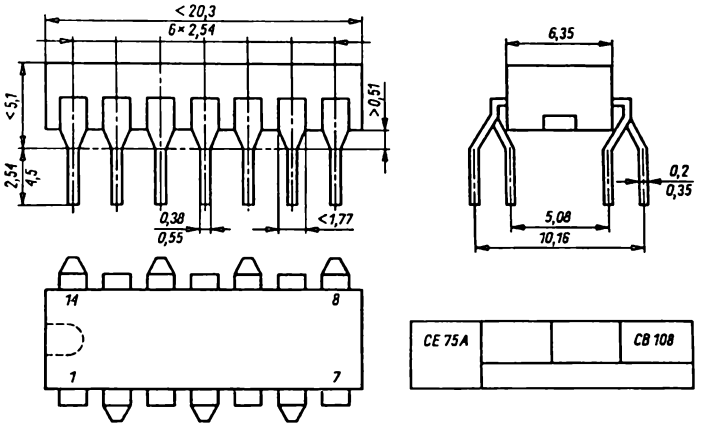
Dla przykładu UL1242N oznacza układ analogowy – wzmacniacz p.cz. – w obudowie dwurzędowej plastykowej, a UCY74S20N – układ cyfrowy – z bardzo szybką dwukrotną czterowejściową bramką NAND, o zakresie temperatur pracy 0÷70°C w obudowie plastykowej dwurzędowej.

16.3 Parametry

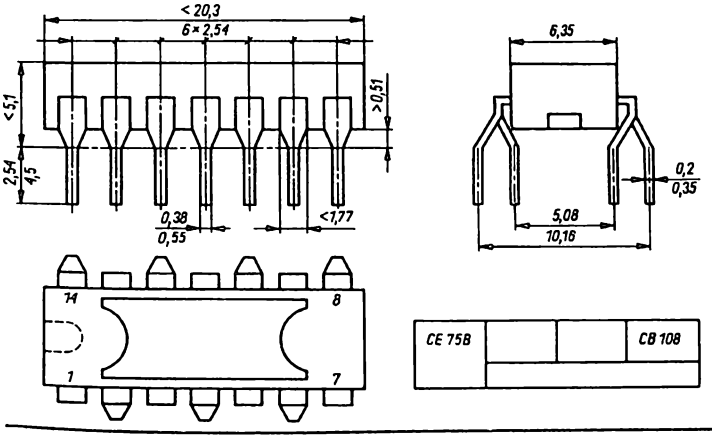
Poniżej przedstawiono układy scalone analogowe stosowane w polskim sprzęcie powszechnego użytku. Obok danych technicznych podano schemat ideowy lub blokowy układu oraz opis wyprowadzeń. Na rysunkach 16.2 ÷ 16.15 pokazano obudowy, a w tabl. 16.1 podano wykaz odpowiedników zagranicznych omawianych układów.



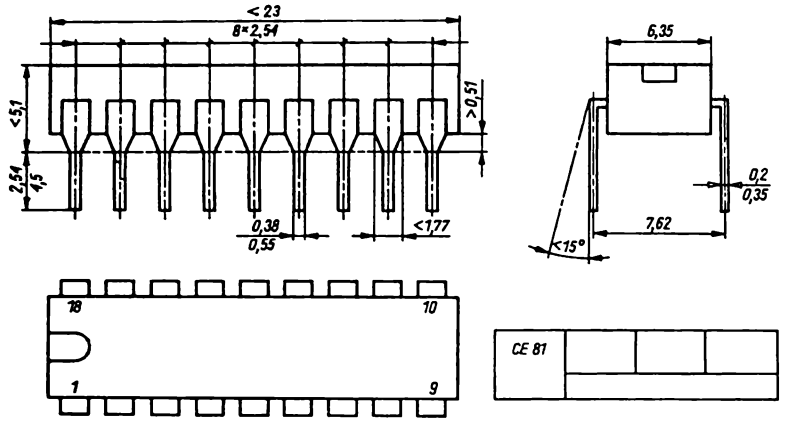
Rys. 16.6. Obudowa typu CE74 [36]



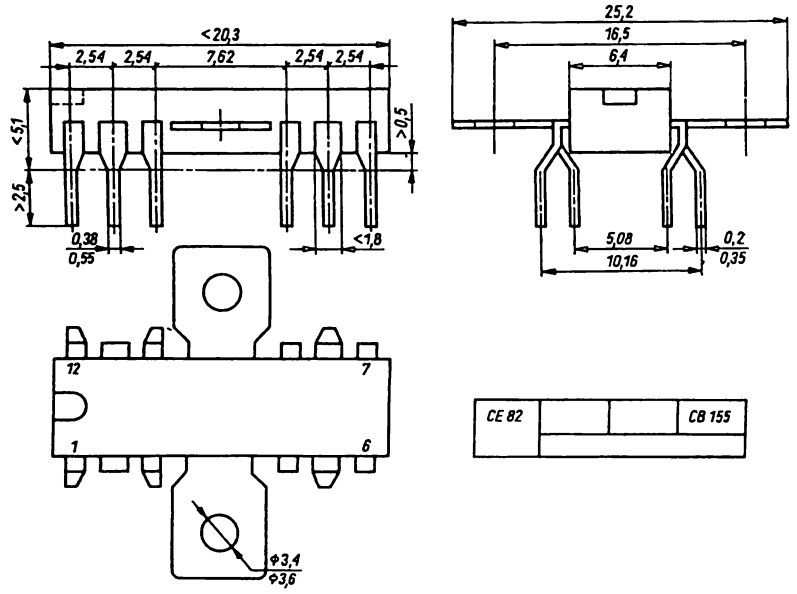
Rys. 16.7. Obudowa typu CE75A [36]



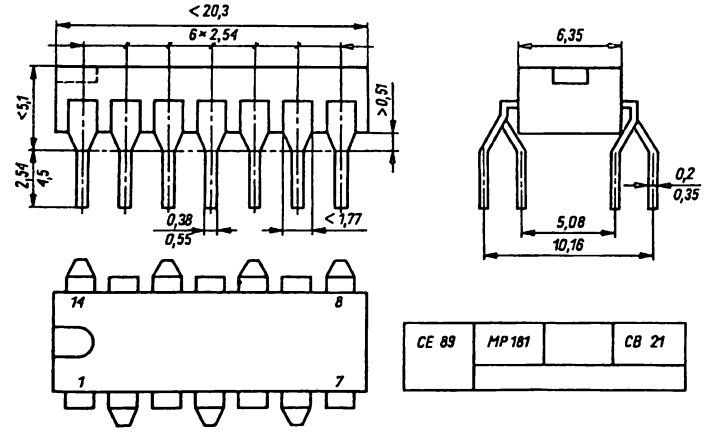
Rys. 16.8. Obudowa typu CE75B [36]



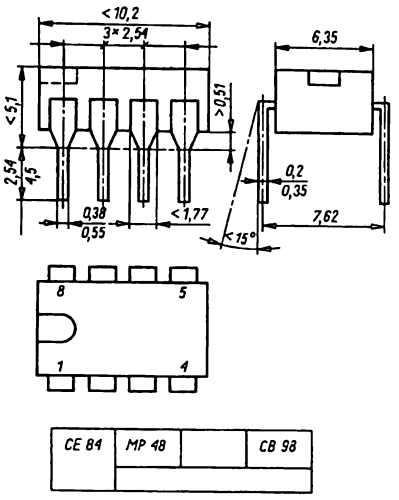
Rys. 16.9. Obudowa CE81 [36]



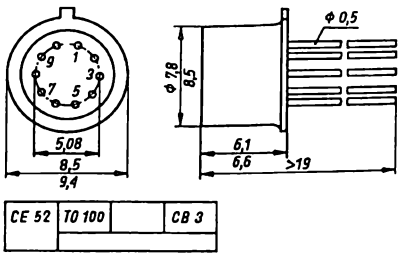
Rys. 16.10. Obudowa typu CE82 [36]



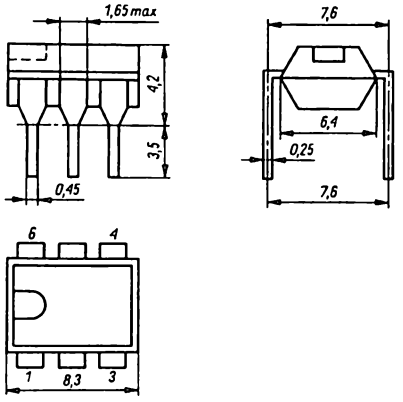
Rys. 16.12. Obudowa typu CE89 [36]



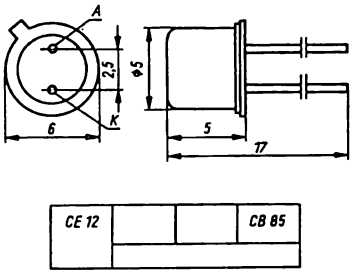
Rys. 16.11. Obudowa typu CE84 [36]



Rys. 16.13. Obudowa typu CE52 [36]



Rys. 16.14. Obudowa układu scalonego SAS5810

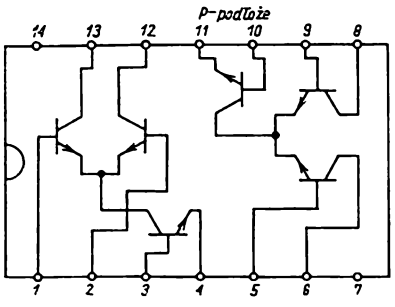


Rys. 16.15. Obudowa typu CE12 [36]

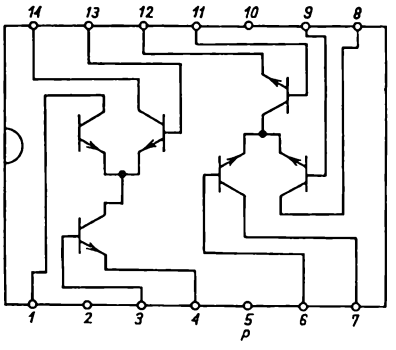
Tablica 16.1 Układy zagraniczne stosowane w sprzęcie powszechnego użytku dostępnym na polskim rynku i ich polskie odpowiedniki

Układy zagraniczne	Firma produkująca	Odpowiedniki polskie
A231D	RFT	–
A240D	RFT	TDA440[1]
A244D	RFT	UL1203N
A290D	RFT	MC1310P[1]
A295D	RFT	–
CA3011	RCA	UL1201N
CA3042	RCA	UL1241N
CA3046	RCA	UL1111N
CA3054	RCA	UL1102N
CA3089	RCA	UL1200N
D220D	RFT	UL1242N
ESM227	Sescosem	UL1901
LA1111	Sanyo	UL1201N
LA1201	Sanyo	UL1211N
LA1221	Sanyo	UL1202L
LA1342	Motorola	UL1241N
LA1352	Sanyo	UL1221N
LA1353	Sanyo	UL1231N
LA3020	Sanyo	UL1301N
LA3101	Sanyo	UL1321L
LA3301	Sanyo	UL1601N
LA3310	Sanyo	UL1611N
LA4000	Sanyo	UL1461N
LA4030	Sanyo	UL1401L
LA4031	Sanyo	UL1402L
LA4032	Sanyo	UL1403L
LA4033	Sanyo	UL1405L
MAA550	Tesla	UL1550L
MC1310P	Motorola	A290D[1]
MC1352	Motorola	UL1221N
MC1741	Motorola	ULY7741N
SAS580	Siemens	UL1958N
SAS590	Siemens	UL1959N
SAS660	Telefunken	–
SAS660	Telefunken	–
SAS5810	Siemens	–
SFC2741EC	Sescosem	ULY7741N
TAA550	Philips	UL1550L
TAA611	SGS ATES	–
TBA120S	Philips	UL1242N
TBA120T	Sescosem	UL1245N
TBA120U	Sescosem	UL1244N
TBA271	SGS ATES	UL1550L
TBA331	SGS ATES	UL1111N
TBA440	Siemens	–
TBA690	Philips	UL1212N
TBA800	Philips	UL1480P
TBA810AS	Philips	UL1481T
TBA810S	Philips	UL1481P
TBA810S	Philips	UL1481P
TBA820	Sescosem	UL1482M
TBA920	Sescosem	–
TBA940	Intermetal, ITT	UL1261N
TBA950	Intermetal, ITT	UL1262N
TCA440	Siemens	UL1203N
TCA720	ITT	UL1520L
TCA4500	Telefunken	UL1621N
TCH940	SGS ATES	UL1440T
TDA440	SGS ATES	A240D[1]
TDA1170	SGS ATES	UL1265P
TDA1200A	Sescosem	UL1200N
TDA2640	Philips	UL1540N
UAA170S	Siemens	UL1970N
UAA180S	Siemens	UL1980N
UC1353	Motorola	UL1231N
µA741	Fairchild	ULY7741N
µA767	Fairchild	UL1601N

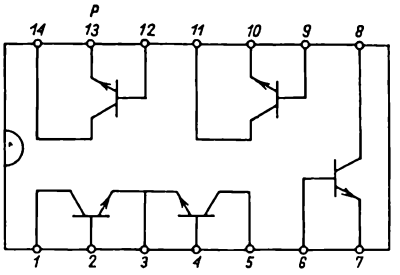
[1] Nie ma polskich odpowiedników.



Rys. 16.16. Schemat układu scalonego UL1101N [33]



Rys. 16.17. Schemat układu scalonego UL1102N [33]



Rys. 16.18. Schemat układu scalonego UL1111N [33]

UL1101N

Układ zawiera dwa wzmacniacze różnicowe ze źródłami prądowymi (rys. 16.16). Wzmacniacze różnicowe nie są całkowicie niezależne, ze względu na to, że do jednego z nich (wyprowadzenie *11*) jest dołączone podłoże.

Każdy z tranzystorów ma następujące parametry:

$U_{CEmax} = 15$ V;
$U_{CBmax} = 20$ V;
$U_{CSmax} = 20$ V (U_{CS} – napięcie między kolektorem a podłożem);
$U_{EBmax} = 5$ V;
$I_{Cmax} = 50$ mA;
$P_{tot} = 300$ mW;
$f_T = 500$ MHz;
t_{amb} –25°÷+70°C.

Każdy ze wzmacniaczy ma wzmocnienie 28 dB, przy napięciu zasilania $U_{CC} = 12$ V i częstotliwości 1 kHz.

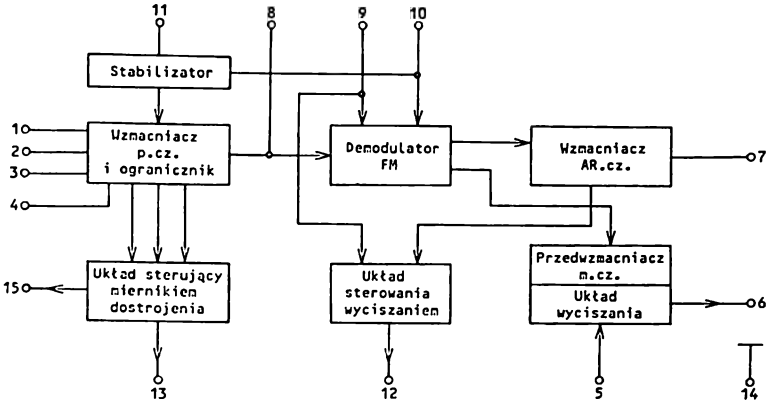
Dla prawidłowej pracy układu podłoże powinno być dołączone do najniższego potencjału.

UL1102N

Układ ma tę samą strukturę, co UL1101N. Różni się wyprowadzeniami oraz tym, że wzmacniacze są niezależne (podłoże *P* dołączone do wyprowadzenia *5*, rys. 16.17).

UL1111N

Układ ma bardzo różnorodne zastosowania. Zawiera pięć tranzystorów: dwa połączone emiterami i trzy pojedyncze. Emiter jednego z tranzystorów pojedynczych (wyprowadzenie *13*, rys. 16.18) jest dołączony do podłoża. Dane tranzystorów są takie same jak dla układów UL1101N i UL1102N.



Rys. 16.19. Schemat układu scalonego UL1200N [33]

UL1200N

Układ jest wzmacniaczem p.cz. FM z układem wyciszania szumów i demodulatorem koincydencyjnym. Układ umieszczony jest w obudowie CE71 (rys. 16.5). Na rysunku 16.19 pokazano schemat blokowy układu.

Opis wyprowadzeń

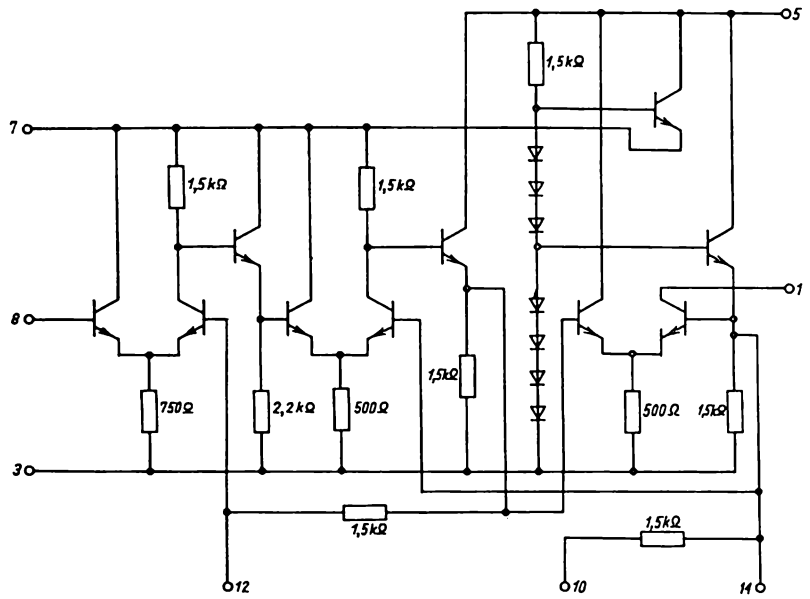
1 – wejście sygnału p.cz. z głowicy na wzmacniacz różnicowy;
2 – drugie wejście wzmacniacza różnicowego;
3 – wyjście sprzężenia zwrotnego;
4 – masa wejściowa;
5 – wejście napięcia wyciszającego szumy;
6 – wyjście sygnału m.cz.;
7 – wyjście napięcia ARcz.;
8 – wyjście p.cz.;
9 – wejście demodulatora;
10 – wejście napięcia polaryzującego demodulator;
11 – zasilanie;
12 – wyjście sterowania wyciszaniem;
13 – wyjście sterujące wskaźnikiem dostrojenia;
14 – masa wyjściowa;
15 – wyjście napięcia ARW dla głowicy;
16 – nie dołączone.

Napięcia stałe na wyprowadzeniach:

15: 4,2 ÷ 5,2 V przy braku sygnału wejściowego;
13: 0,5 V przy braku sygnału wejściowego;
4,5 V przy napięciu wejściowym 100 mV;
12: 4,4 ÷ 6,0 V przy braku sygnału wejściowego;
1, 2, 3: 1,9 V;
6, 10: 5,6 V.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	12 V;
Prąd zasilania	12 mA;
Napięcie ograniczania	12 μV;
Napięcie m.cz.	140 mV;
Napięcie p.cz. powodujące zadziałanie ARW	10 mV;
Dynamika ARW	40 dB;
Napięcie sterujące miernikiem przy napięciu wejściowym 1 mV	1,7 V;
Maksymalna moc wydzielana	500 mW.



Rys. 16.20. Schemat układu scalonego UL1201N [33]

UL1201N

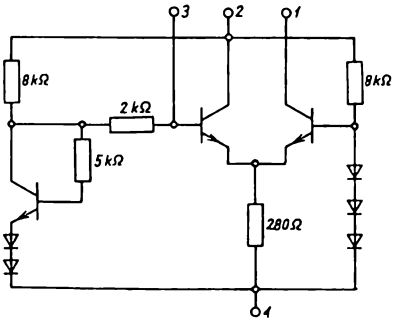
Jest to wzmacniacz p.cz. FM do odbiorników radiowych i torów fonii w odbiornikach telewizyjnych. Układ ma obudowę CE70 (rys. 16.4). Na rysunku 16.20 pokazano jego schemat elektryczny.

Opis wyprowadzeń

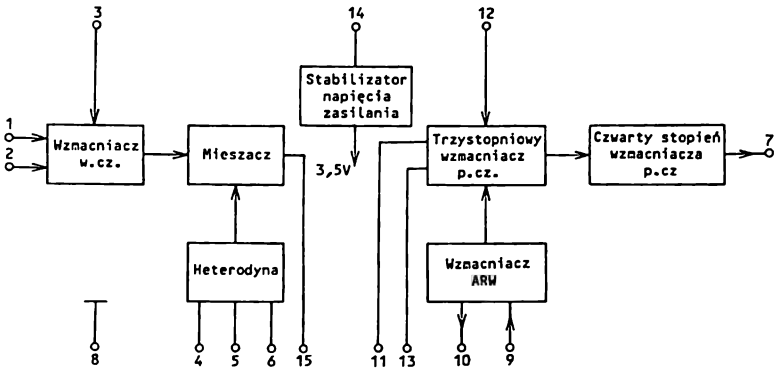
1 – wyjście;
2 – nie dołączone;
3 – masa;
4 – nie dołączone;
5 – zasilanie;
6 – nie dołączone;
7 – wyjście wewnętrznego stabilizatora 3 V;
8 – wejście;
9 – nie dołączone
10 – wyjście sprzężenia zwrotnego;
11 – nie dołączone;
12 – pętla sprzężenia zwrotnego;
13 – nie dołączone;
14 – wyjście sprzężenia zwrotnego.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	12 V;
Spoczynkowy prąd zasilania przy napięciu zasilającym $U_{CC} = 7{,}5$ V	14 mA;
Wzmocnienie napięciowe dla $f_{p.cz.} = 10{,}7$ MHz	55 dB;
Napięcie wyjściowe przy napięciu wejściowym $U_I = 100$ mV, $U_{CC} = 7{,}5$ V i $f = 10{,}7$ MHz	0,55 ÷ 1,4 V.



Rys. 16.21. Schemat układu scalonego UL1202L [33]



Rys. 16.22. Schemat blokowy układu scalonego UL1203N [46]

UL1202L

Układ jest jednostopniowym wzmacniaczem p.cz. Ma obudowę metalową okrągłą typu CE25 (rys. 16.3). Schemat układu pokazano na rys. 16.21.

Opis wyprowadzeń

1 – wyjście;
2 – zasilanie;
3 – wejście;
4 – masa.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	24 V;
Spoczynkowy prąd zasilania przy $U_{CC} = 10$V	12 mA;
Wzmocnienie napięciowe dla $f = 10{,}7$ MHz	25 ÷ 33 dB;
Maksymalna moc strat	300 mW.

UL1203N

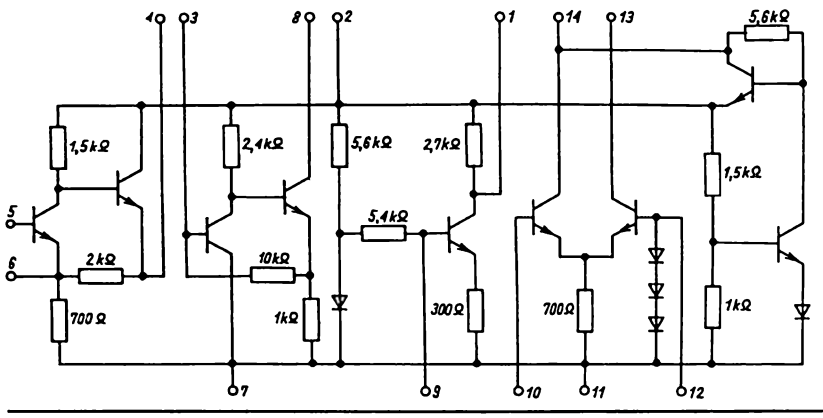
Układ jest odbiornikiem AM składającym się ze wzmacniacza w.cz., heterodyny, wzmacniacza p.cz., detektora i przedwzmacniacza m.cz. Układ ma obudowę CE71 (rys. 16.5). Na rysunku 16.22 pokazano jego schemat blokowy.

Opis wyprowadzeń

1, *2* – wejście symetryczne wzmacniacza w.cz.;
3 – wejście ARW do wzmacniacza w.cz.;
4, *5*, *6* – do dołączenia przestrajanego obwodu rezonansowego heterodyny;
7 – wyjście do detektora AM;
8 – masa;
9 – wyjście napięcia do wzmacniacza ARW;
10 – wyjście wzmacniacza ARW do podłączenia miernika dostrojenia;
11, *13* – sprzężenie zwrotne;
12 – wejście wzmacniacza p.cz. z filtru p.cz.;
14 – zasilanie;
15 – wyjście p.cz. z mieszacza na filtr p.cz.;
16 – wyjście mieszacza do dołączenia układu wytwarzającego napięcie ARW dla stopnia wzmacniacza w.cz. lub do dołączenia zasilania mieszacza.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	15 V;
Zakres napięć zasilających	4,5 ÷ 15 V;
Pobór prądu zasilania przy napięciu 15 V	12 mA;
Napięcie m.cz.	
przy napięciu wejściowym 20 μV	140 mV;
przy napięciu wejściowym 1 mV	260 mV;
Czułość dla $f = 1$ MHz i odstępie od szumów 26 dB	7 μV;
Zakres częstotliwości dla stopnia w.cz.	0 ÷ 50 MHz;
Impedancja wejściowa stopnia w.cz.	
przy połączeniu niesymetrycznym	2 ÷ 2,2 kΩ, 1,5 ÷ 5 pF;
przy połączeniu symetrycznym	4 ÷ 4,5 kΩ, 1,5 ÷ 5 pF;
Zakres częstotliwości dla wzmacniacza p.cz.	0 ÷ 2 MHz;
Zakres ARW	62 dB
Impedancja wejściowa wzmacniacza p.cz.	3 kΩ, 3 pF;
Napięcie dla miernika dostrojenia (wyprowadzenie *10*)	600 mV;
Rezystancja wyjściowa na wyprowadzeniu *10*	400 Ω.



Rys. 16.23. Schemat układu scalonego UL1211N [33]

UL1211N

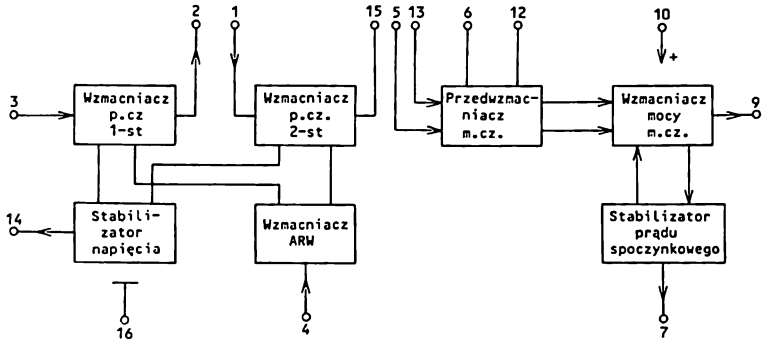
Układ zawiera wzmacniacz p.cz. AM i FM detektor AM i stabilizator napięcia zasilania. Jest produkowany w obudowie dwurzędowej plastykowej typu CE70 (rys. 16.4). Schemat elektryczny podano na rys. 16.23.

Opis wyprowadzeń

1 – wyjście detektora AM;
2 – wyjście stabilizatora zewnętrznego 5 V;
3 – wejście drugiego stopnia wzmocnienia;
4 – wyjście pierwszego stopnia wzmocnienia;
5 – wejście pierwszego stopnia wzmocnienia;
6 – wyjście ujemnego sprzężenia zwrotnego pierwszego stopnia;
7 – masa;
8 – wyjście drugiego stopnia wzmocnienia;
9 – wejście detektora AM;
10 – wejście nieodwracające trzeciego stopnia wzmocnienia;
11 – masa;
12 – wejście odwracające trzeciego stopnia wzmocnienia;
13 – wyjście trzeciego stopnia wzmocnienia;
14 – zasilanie.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	16 V;
Maksymalne napięcie zasilania wyprowadzeń *8* i *13*	10 V;
Wzmocnienie napięciowe pierwszego stopnia	
dla f = 465 kHz	39 dB;
dla f = 10,7 MHz	25 dB;
Wzmocnienie napięciowe drugiego stopnia	
dla f = 465 MHz	35 dB;
dla f = 10,7 MHz	30 dB;
Wzmocnienie napięciowe detektora	
dla f = 465 kHz	14 dB;
Wzmocnienie napięciowe wzmacniacza różnicowego dla f = 10,7 MHz	20 dB;
Napięcie wyjściowe detektora AM	70 ÷ 160 mV.



Rys. 16.24. Schemat blokowy układu scalonego UL1212N [33]

UL1212N

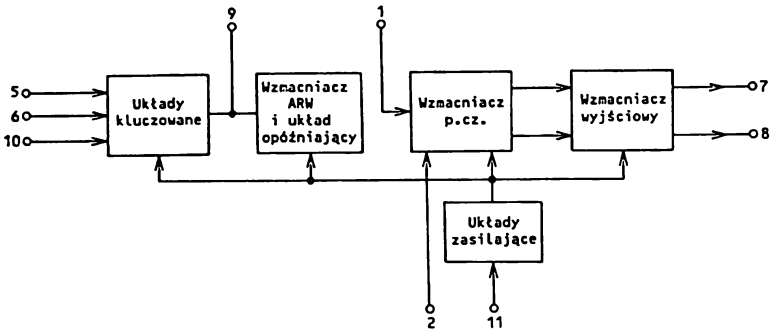
Układ zawiera wzmacniacz p.cz. AM i FM, przedwzmacniacz i wzmacniacz mocy m.cz., układ stabilizacji prądu spoczynkowego wzmacniacza, układ stabilizacji napięcia polaryzującego do zasilania głowicy UKF i heterodyny AM oraz układ ARW. Jest produkowany w obudowie plastykowej dwurzędowej o szesnastu wyprowadzeniach. Schemat blokowy układu pokazano na rys. 16.24.

Opis wyprowadzeń

1 – wejście drugiego stopnia wzmacniacza p.cz.;
2 – wyjście pierwszego stopnia wzmacniacza p.cz.;
3 – wejście pierwszego stopnia wzmacniacza p.cz.;
4 – wejścia wzmacniacza ARW;
5, *13* – wejście przedwzmacniacza m.cz.;
6, *12* – wyprowadzenia do dołączenia dwójnika ujemnego sprzężenia zwrotnego w przedwzmacniaczu m.cz.;
7 – wyprowadzenie do dołączenia rezystora ustalającego prąd spoczynkowy wzmacniacza mocy m.cz. (napięcie stałe ok. 0,7 V);
8 – podłoże (masa);
9 – wyjście wzmacniacza mocy m.cz.;
10 – wyprowadzenie do dołączenia zasilania;
11 – nie dołączone;
14 – wyjście napięcia stabilizowanego 1,4 V;
15 – wyjście drugiego stopnia wzmacniacza p.cz.;
16 – podłoże (masa).

Dane techniczne

Napięcie zasilania (wyprowadzenie *10*)	2,7 ÷ 12 V;
Moc tracona	520 mW;
Prąd spoczynkowy przy $U_{CC} = 6$ V	22 mA;
Moc wyjściowa przy napięciu wejściowym 30 mV i współczynniku głębokości modulacji $m = 30\%$ dla AM lub dewiacji $\Delta f = \pm 40$ kHz dla FM	0,6 W.



Rys. 16.25. Schemat blokowy układów scalonych UL1221N i UL1231N [33]

UL1221N

Jest to wzmacniacz pośredniej częstotliwości z kluczowaną ARW przeznaczony do odbiorników telewizyjnych, w których napięcie ARW głowicy wzrasta ze wzrostem sygnału wizji. Układ jest produkowany w obudowie typu CE70 (rys. 16.4). Schemat blokowy pokazano na rys. 16.25.

Opis wyprowadzeń

1 – wejście wzmacniacza p.cz.;
2 – wejście sprzężenia zwrotnego lub sygnału p.cz.;
3 – nie dołączone;
4 – masa;
5 – wejście ujemnego impulsu kluczującego;
6 – wejście do ustawiania napięcia progu zadziałania ARW;
7 – wyjście sygnału p.cz.;
8 – wyjście sygnału p.cz.;
9 – wyprowadzenie do dołączenia układu stałej czasowej ARW;
10 – wejście sygnału wizyjnego;
11 – zasilanie;
12 – wyjście napięcia ARW dla głowicy;
13 – wejście ustawiające opóźnienie ARW głowicy;
14 – filtr napięcia ARW.

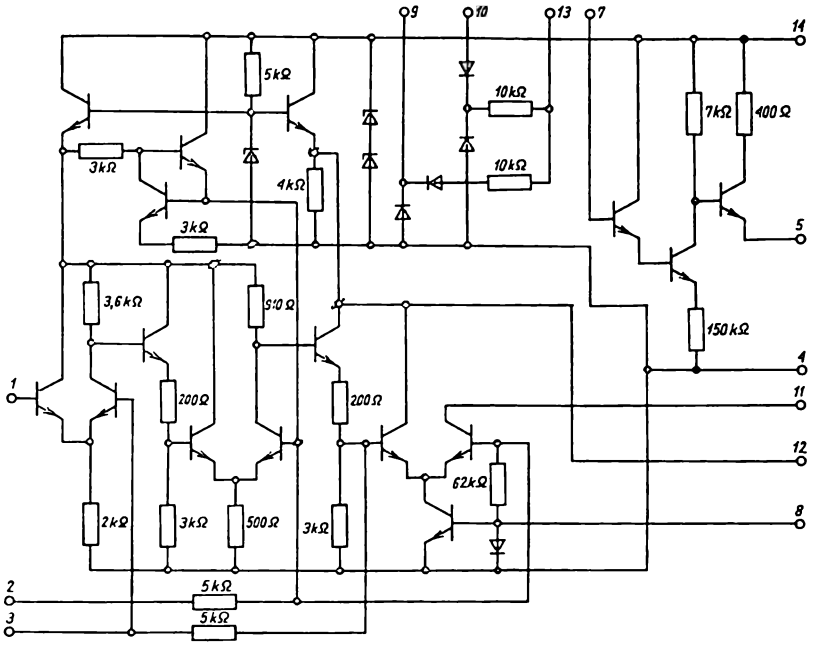
Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania U_{CCmax}	18 V;
Napięcie wejściowe wzmacniacza p.cz.	0,2 ÷ 200 mV;
Wzmocnienie mocy	42 ÷ 55 dB;
Napięcie wyjściowe p.cz.	200 mV;
Napięcie ARW głowicy (wyprowadzenie *12*) przy $U_{CC} = 12$ V, $U_5 = -8$ V, $U_6 = +1{,}5$ V, $U_{13} = +2$ V, $I_5 = 0$	+8,2 V;
Napięcie ARW głowicy (wyprowadzenie *12*) przy $U_{CC} = 12$ V, $U_6 = 0$, $U_{13} = 4$ V, $I_5 = 0$	+0.2 V;
Napięcie progowe ARW U_{13}	6 ÷ 8 V;
Spoczynkowy prąd zasilania przy $U_{CC} = 12$ V	≤ 31 mA;
Napięcie kluczowania U_5	−20 ÷ +10 V.

UL1231N

Jest to taki sam układ jak UL1221 z tym, że jest przeznaczony do odbiorników telewizyjnych, w których napięcie ARW głowicy maleje ze wzrostem sygnału. Schemat blokowy pokazano na rys. 16.25. Układ UL1231 różni się od UL1221 napięciem ARW głowicy, a mianowicie:

Napięcie ARW głowicy (wyprowadzenie *12*)
przy $U_{CC} = 12$ V, $U_5 = -8$ V, $U_6 = +1{,}5$ V, $U_{13} = 2$ V +6 V;
Napięcie ARW głowicy (wyprowadzenie *12*)
przy $U_{CC} = 12$ V, $U_6 = 0$, $U_{13} = +4$ V, $I_5 = 0$ +8,2 V.



Rys. 16.26. Schemat układu scalonego UL1241N [33]

UL1241N

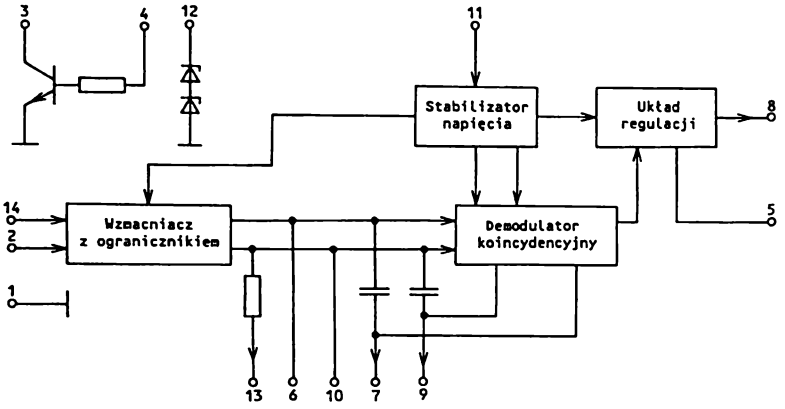
Układ jest wzmacniaczem p.cz. FM przeznaczonym do odbiorników radiowych i toru fonii w odbiornikach telewizyjnych. Zawiera wzmacniacz p.cz., demodulator FM, wzmacniacz wstępny m.cz. i stabilizator zasilania. Produkowany jest w obudowie plastykowej dwurzędowej typu CE70 (rys. 16.4). Schemat elektryczny przedstawiono na rys. 16.26.

Opis wyprowadzeń

1 – wejście wzmacniacza p.cz.;
2 – sprzężenie zwrotne wzmacniacza p.cz. (filtracja składowej zmiennej);
3 – drugie wejście wzmacniacza p.cz. (filtracja składowej zmiennej);
4 – podłoże (masa);
5 – wyjście wtórnikowe przedwzmacniacza m.cz.;
6 – nie dołączone;
7 – wejście przedwzmacniacza m.cz.;
8 – wejście układu kluczowanego wyciszania szumów;
9, *10* – wyprowadzenia do dołączenia obwodu rezonansowego demodulatora FM;
11 – wyjście wzmacniacza p.cz.;
12 – wyjście wzmacniacza p.cz.;
13 – wyjście demodulatora FM (m.cz.);
14 – zasilanie.

Dane techniczne

Maksymalny prąd zasilania I_{CCmax}	50 mA;
Maksymalna moc strat P_{dmax}	600 mW;
Napięcie maksymalne na wyprowadzeniu *14*	10,6 ÷ 10,8 V;
Prąd zasilania przy $U_{CC} = 9$ V	8 ÷ 18 mA;
Wzmocnienie napięciowe wzmacniacza p.cz. dla $f = 4{,}5$ MHz	67 dB;
Napięcie wyjściowe demodulatora	60 mV;
Wzmocnienie napięciowe wzmacniacza m.cz.	28 dB;
Napięcie wyjściowe wzmacniacza m.cz.	500 mV.



Rys. 16.27. Schamat blokowy układu scalonego UL1242N [33]

UL1242N

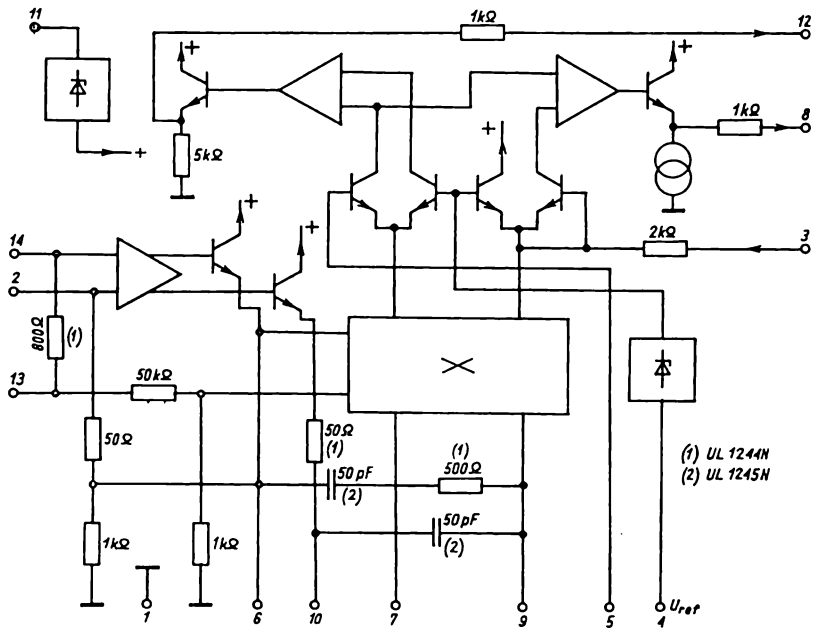
Układ zawiera wzmacniacz pośredniej częstotliwości FM z ogranicznikiem, detektor koincydencyjny FM, układ regulacji wzmocnienia m.cz., stabilizator napięcia oraz tranzystor i dwie szeregowo połączone diody Zenera (każda po 6 V). Schemat blokowy pokazano na rys. 16.27. Układ jest produkowany w obudowie CE70 (rys. 16.4).

Opis wyprowadzeń

1 – podłoże (masa);
2 – wejście wzmacniacza p.cz.;
3 – kolektor dodatkowego tranzystora;
4 – baza dodatkowego tranzystora;
5 – wyprowadzenie do dołączenia potencjometru regulacji głośności;
6 – wyjście wzmacniacza p.cz. (nie dołączać);
7, 9 – wyjście detektora koincydencyjnego służące do dołączenia obwodu rezonansowego;
8 – wyjście sygnału m.cz.;
10 – wyjście wzmacniacza p.cz. (nie dołączać);
11 – zasilanie;
12 – dodatkowe diody Zenera;
13 – wyjście sygnału p.cz.;
14 – wejście wzmacniacza p.cz.

Dane techniczne

Zakres napięć zasilania	6 ÷ 18 V;
Maksymalne zewnętrzne napięcie na końcówce *5*	4 V;
Prąd zasilania (wyprowadzenie *11*)	10 ÷ 18 mA;
Wzmocnienie wzmacniacza p.cz. dla $f = 5{,}5$ MHz	68 dB;
Napięcie wyjściowe m.cz.	1 V;
Napięcie stałe na wyjściu m.cz. (wyprowadzenie *8*)	7,4 V;
Maksymalny prąd kolektora dodatkowego tranzystora	5 mA;
Maksymalny prąd bazy dodatkowego tranzystora	2 mA;
Napięcie przebicia U_{CB} dodatkowego tranzystora	13 V;
Maksymalny prąd dodatkowych diod Zenera	15 mA.



Rys. 16.28. Schemat blokowy układów scalonych UL1244N i UL1245N [33]

UL1244N i UL1245N

Układy UL1244N i UL1245N są wzmacniaczami p.cz. fonii i detektorami fonii do odbiorników telewizyjnych. Zawierają wzmacniacz p.cz., detektor koincydencyjny, układ wyciszania i wewnętrzny stabilizator napięcia. Są przystosowane do współpracy z magnetowidem. Schemat pokazano na rys. 16.28.

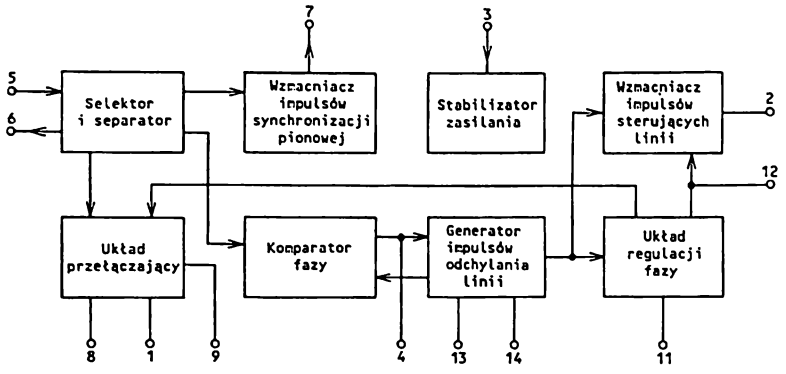
Układ UL1244N współpracuje z filtrami *LC*, natomiast UL1245N jest przeznaczony do współpracy z filtrami piezoceramicznymi. Układy mają obudowę typu CE70 (rys. 16.4).

Opis wyprowadzeń

1 – masa;
2 – wejście wzmacniacza różnicowego p.cz.;
3 – wejście dodatkowe sygnału fonii z magnetowidu;
4 – wyjście stabilizatora napięcia;
5 – regulacja sygnału fonii;
6 – wyjście p.cz. (nie dołączone);
7, 9 – wyprowadzenie do dołączenia obwodu rezonansowego;
8 – wyjście sygnału fonii;
10 – wyjście p.cz. (nie dołączane);
11 – zasilanie;
12 – wyjście sygnału fonii do magnetowidu;
13 – odsprzężenie wejścia;
14 – wejście sygnału p.cz.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	10 ÷ 18 V;
Moc tracona	400 mW;
Maksymalne napięcie na wyprowadzeniu *5*	6 V;
Maksymalny prąd wyjściowy stabilizatora	5 mA;
Prąd spoczynkowy przy $U_{CC} = 12$ V	9,5 ÷ 17,5 mA;
Wzmocnienie napięciowe p.cz.	68 dB;
Napięcie sygn. fonii na wyprowadzeniu *8*	
dla UL1244N	0,8 V;
dla UL1245N	0,64 V;
Napięcie sygn. fonii na wyprowadzeniu *12*	
dla UL1244N	0,55 V;
dla UL1245N	0,4 V;
Napięcie stałe na wyprowadzeniu *8*	4 V;
Napięcie stałe na wyprowadzeniu *12*	5,6 V;
Wzmocnienie przedwzmacniacza fonii	7,5 dB.



Rys. 16.29. Schemat blokowy układów scalonych UL1261N i UL1262N [33]

UL1261N i UL1262N

Układy spełniają funkcje selektora i separatora impulsów synchronizacyjnych, układu regulacji fazy, generatora odchylnia linii i wzmacniacza impulsów odchylania pionowego w układach synchronizacji odbiorników telewizyjnych.
Układ UL1261N jest przeznaczony do odbiorników telewizyjnych z tyrystorowym stopniem odchylania poziomego, a UL1262N do współpracy z tranzystorowym stopniem odchylania poziomego. Obydwa układy są produkowane w obudowach CE70 (rys. 16.4). Schemat blokowy układów podano na rys. 16.29.

Opis wyprowadzeń

1 – masa;
2 – wyjście impulsów odchylania poziomego;
3 – zasilanie;
4 – wyprowadzenie do dołączenia układu *RC* zwiększającego stałą czasową układu synchronizacji fazy;
5 – wejście sygnału wizyjnego;
6 – wyjście sygnału synchronizacji;
7 – wyjście impulsów synchronizacji pionowej;
8 – wejście odłączające stałą czasową *RC* od końcówki *9*;
9 – wyprowadzenie do dołączenia układów *RC* zapewniających odpowiednią stałą czasową układu porównania fazy;
10 – wejście impulsów powrotu odchylania poziomego;
11 – wejście regulacji fazy;
12 – wyprowadzenie do dołączenia kondensatora blokującego;
13 – wyprowadzenie do dołączenia kondensatora C_{13} określającego częstotliwość generatora odchylania poziomego;
14 – wyprowadzenie do dołączenia potencjometru R_{14} regulującego częstotliwość generatora odchylania poziomego.

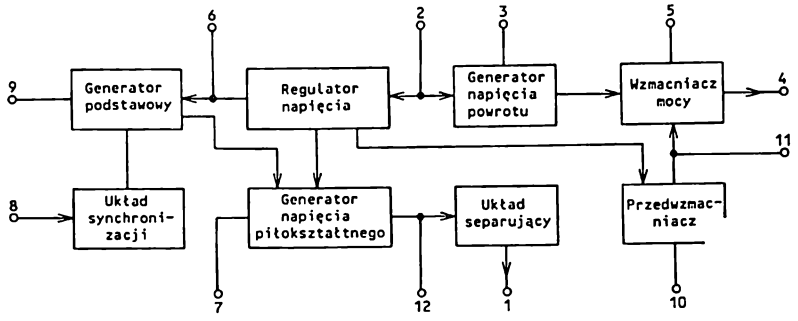
Tablica 16.2 Dobór wartości rezystora R_Z

Napięcie zasilające U_{CC} [V]	10	15	20	25
Wartość rezystora R_3 [Ω]	40 ÷ 90	150 ÷ 240	270 ÷ 390	360 ÷ 510

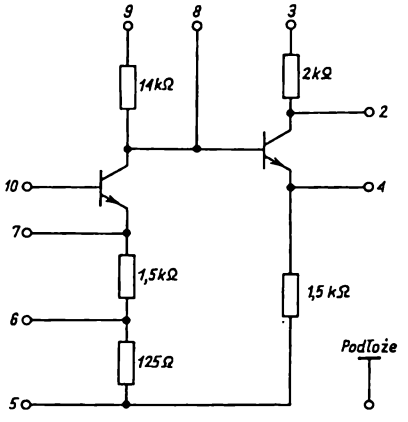
Dane techniczne

Maksymalny prąd zasilania I_{CCmax}	45 mA;
Napięcie maksymalne na wejściu (wyprowadzenie *5*)	−6 V;
Maksymalne napięcie wyjściowe (wyprowadzenie *2*)	12 V;
Maksymalny prąd przełączenia na pracę z magnetowidem (wyprowadzenie *8*)	5 mA;
Wartość międzyszczytowa sygnału wizyjnego (wyprowadzenie *5*)	1 ÷ 6 V;
Prąd impulsów powrotu linii (wyprowadzenie *10*)	0,2 ÷ 2 mA;
Prąd przełączenia na pracę z magnetowidem (wyprowadzenie *8*)	2 mA;
Amplituda impulsów wyjściowych synchronizacji pionowej (wyprowadzenie *7*)	8 V;
Czas trwania impulsu wyjściowego synchronizacji pionowej (wyprowadzenie *7*)	150 µs;
Amplituda impulsów wyjściowych selektora (wyprowadzenie *6*)	8 V;
Czas trwania impulsów wyjściowych odchylania poziomego (wyprowadzenie *2*)	
dla UL1261N	4 ÷ 8 µs;
dla UL1262N	15 ÷ 30 µs;
Częstotliwość własna generatora odchylania poziomego przy R_{14} = 10,5 kΩ i C_{13} = 10 vF	14062 ÷ ÷ 17188 Hz.

Uwaga: Napięcie zasilające na wyprowadzeniu *3* powinno być podawane zawsze przez rezystor zewnętrzny R_3 o wartości rezystancji zależnej od napięcia zasilania (tabl. 16.2).



Rys. 16.30. Schemat blokowy układu scalonego UL1265P [33]



Rys. 16.31. Schemat układu scalonego UL1301L [33]

UL1265P

Jest to układ odchylania pionowego do odbiorników telewizyjnych. Produkowany jest w obudowie CE74 (plastykowej, czterorzędowej z radiatorem zagiętym), pokazanej na rys. 16.6 Schemat blokowy układu pokazano na rys. 16.30.

Opis wyprowadzeń

1 – wyjście napięcia piłokształtnego i regulacja liniowości;
2 – zasilanie;
3 – wyjście impulsów powrotu;
4 – wyjście wzmacniacza mocy odchylania pionowego;
5 – zasilanie wzmacniacza mocy;
6 – wyjście regulacji częstotliwości generatora podstawowego;
7 – wyprowadzenie do dołączenia regulatora wysokości obrazu;
8 – wejście impulsów synchronizujących;
9 – wejście generatora podstawowego do regulacji częstotliwości;
10 – wejście przedwzmacniacza odchylania;
11 – wyprowadzenie do dołączenia kompensacji częstotliwościowej;
12 – wyjście generatora odchylania.
Radiator dołączony jest do masy układu.

Dane techniczne

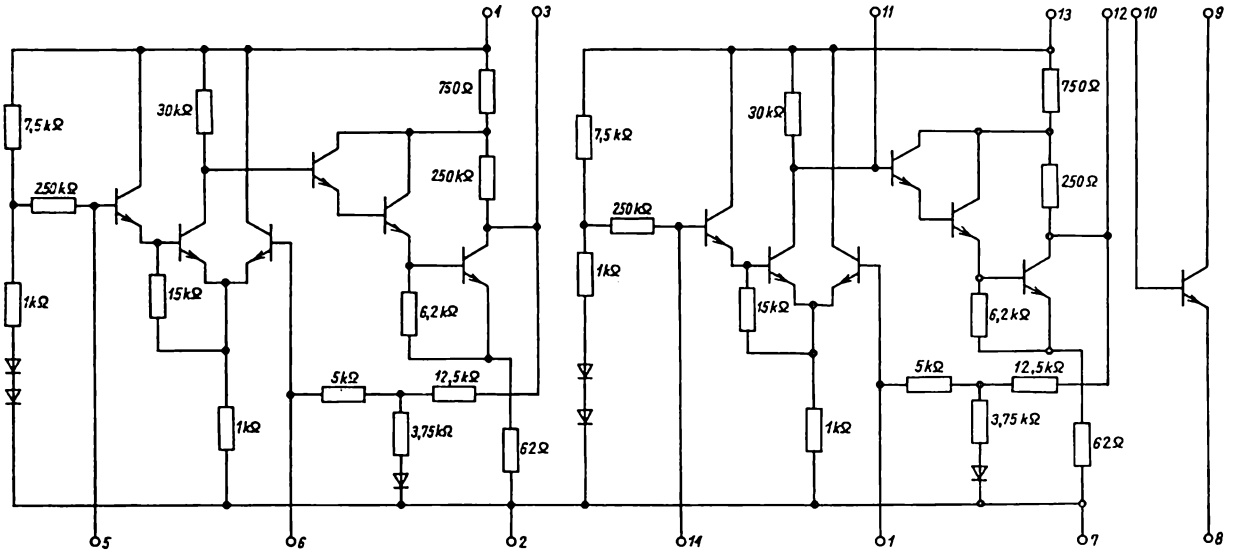
Maksymalne napięcie zasilania	27 V;
Szczytowa wartość napięcia powrotu	58 V;
Maksymalne napięcie na wejściu synchronizacji (wyprowadzenie *8*)	±12 V;
Moc wydzielana	
z dodatkowym radiatorem	5 W;
bez dodatkowego radiatora	1 W;
Napięcie regulacyjne na wyprowadzeniach *6* i *7*	6÷7 V;
Międzyszczytowa wartość napięcia na wyprowadzeniu *9*	2,4 V;
Szczytowa wartość impulsów synchronizujących na wyprowadzeniu *8*	±1 V;
Międzyszczytowa wartość prądu cewek odchylania pionowego (wyprowadzenie *4*)	1,6 A;
Czas powrotu	0,6÷0,8 ms.

UL1301N

Układ jest przedwzmacniaczem małej częstotliwości. Jest produkowany w obudowie metalowej okrągłej (rys. 16.13). Na rysunku 16.31 przedstawiono schemat elektryczny układu.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	12 V;
Maksymalne napięcie wyjściowe	⩾ 1 V;
Wzmocnienie napięciowe	⩾ 44 dB;
Pasmo częstotliwości	600 kHz;
Spoczynkowy prąd zasilania	2,1 mA;
Rezystancja wejściowa	⩾ 4 kΩ;
Rezystancja wyjściowa	2 kΩ.



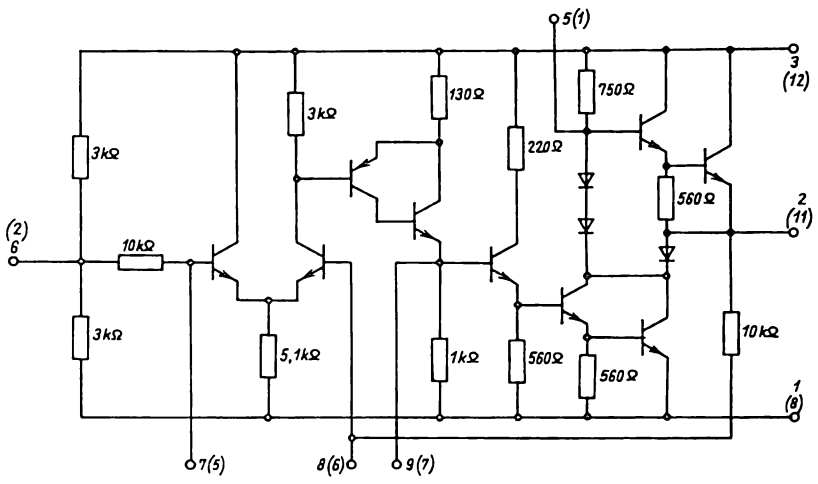
Rys. 16.32. Schemat układu scalonego UL1321N [33]

UL1321N

Układ zawiera dwa wzmacniacze napięciowe m.cz. i osobny tranzystor. Produkowany jest w obudowie CE70 (rys. 16.4). Na rysunku 16.32 pokazano jego schemat elektryczny.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania U_{CCmax}	18 V;
Prąd spoczynkowy każdego wzmacniacza	$\leqslant$ 6 mA;
Wzmocnienie napięciowe przy otwartej pętli sprzężania zwrotnego (wyprowadzenie *1* lub *6* zablokowane dużym kondensatorem do masy)	60 dB;
Rezystancja wejściowa	90 kΩ;
Rezystancja wyjściowa	1 kΩ;
Tłumienie przesłuchu	40 dB;
Wzmocnienie prądowe dodatkowego tranzystora h_{21E}	70;
Napięcie przebicia U_{CEO}	$\geqslant$ 15 V;
Napięcie przebicia $U_{CBR\ CBO}$	$\geqslant$ 25 V.



Rys. 16.33. Schemat układów scalonych UL140÷05 [33]

Cyfry w nawiasach oznaczają numery wyprowadzeń układów z literą P, a bez nawiasów numery wyprowadzeń układów z literą L

UL1401, UL1402, UL1403, UL1405 L i P

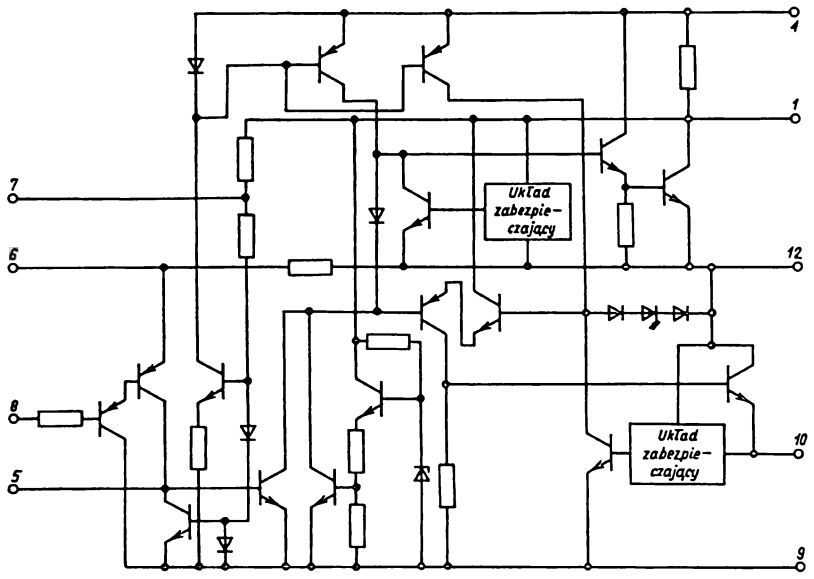
Układy są wzmacniaczami mocy m.cz. do zastosowania w sprzęcie elektroakustycznym. Układy z literą L produkowane są w obudowie T03 (rys. 16.2), natomiast układy z literą P produkowane są w obudowie plastykowej czterorzędowej z radiatorem zagiętym, typu CE74 (rys. 16.6). Na rysunku 16.33 podano schemat elektryczny układów. W nawiasach podano numery wyprowadzeń układów z literą P, a bez nawiasów – układów z literą L.

Opis wyprowadzeń (dla obudowy CE74)

1 – wyprowadzenie do zablokowania w przypadku wzbudzenia układu;
2 – odsprzężenie punktu pracy wzmacniacza wstępnego;
3 – nie dołączone;
4 – nie dołączone;
5 – wejście wzmacniacza;
6 – pętla sprzężenia zwrotnego;
7 – korekcja charakterystyki częstotliwościowej;
8 – masa;
9, *10* – nie dołączone;
11 – wyjście;
12 – zasilanie.

Dane techniczne

Napięcie zasilania U_{CC}	
UL1401	8÷16 V;
UL1402	8÷18 V;
UL1403	8÷25 V;
UL1405L	8÷27 V;
Moc strat bez radiatora	
UL1401÷05L	2 W;
UL1401÷03P	1,5 W;
Moc strat UL1401÷05L z radiatorem 100×100×1 mm Al	7,5 W;
Temperatura pracy	–25÷70°C;
Moc wyjściowa	
UL1401L, P	0,8 W;
UL1402L, P	1,8 W;
UL1403L, P	2,7 W;
UL1405L	4,5 W;
Współczynnik zniekształceń	⩽ 1,5%;
Wzmocnienie napięciowe	27÷33 dB;
Pasmo częstotliwości	40÷100000 Hz;
Napięcie szumów na wyjściu	⩽ 1 mV;
Spoczynkowy prąd zasilania	
UL1401L, P	⩽ 27 mA;
UL1402L, P	⩽ 32 mA;
UL1403L, P	⩽ 43 mA;
UL1405L	⩽ 55 mA;
Rezystancja wejściowa	6 kΩ;
Rezystancja wyjściowa	0,45 Ω.



Rys. 16.34. Schemat układu scalonego UL1440T [33]

UL1440T

Układ jest wzmacniaczem mocy m.cz. przeznaczonym do sprzętu elektroakustycznego. Produkowany jest w obudowie plastykowej czterorzędowej z radiatorem prostym typu CE82 (rys. 16.10). Schemat elektryczny układu pokazano na rys. 16.34. Układ posiada obwody zabezpieczające przed zwarciem wyjścia i przegrzaniem.

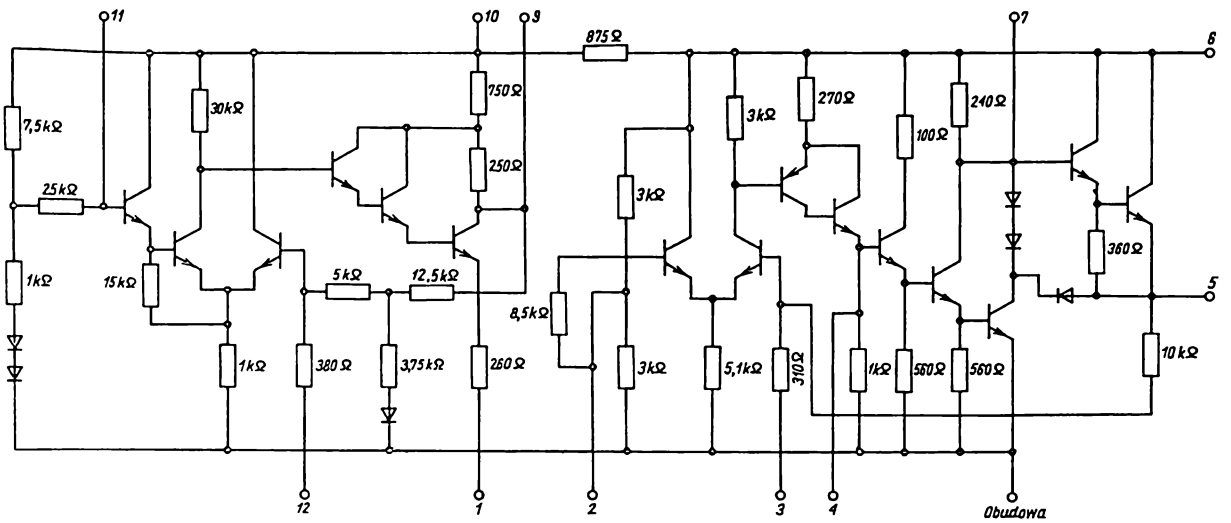
Opis wyprowadzeń

1 – zasilanie;
2 – nie dołączone;
3 – nie dołączone;
4 – bootstrap (wyprowadzenie do dołączenia rezystora do zasilania i kondensatora do wyjścia);
5 – sprzężenie zwrotne korekcji częstotliwości;
6 – sprzężenie zwrotne;
7 – wyprowadzenie do zablokowania kondensatora w celu zmniejszenia tętnień sieci;
8 – wejście wzmacniacza;
9 – podłoże (masa);
10 – masa tranzystorów wyjściowych;
11 – nie dołączone;
12 – wyjście wzmacniacza.

Radiator należy dołączyć do masy.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	$6 \div 24$ V;
Napięcie na wyjściu (wyprowadzenie *12*) przy zasilaniu $U_{CC} = 18$ V	$8{,}2 \div 9{,}8$ V;
Prąd spoczynkowy zasilania przy $U_{CC} = 24$ V	$20 \div 42$ mA;
Moc wyjściowa przy $U_{CC} = 20$ V i $R_{obc} = 4\ \Omega$	10 W;
Czułość przy mocy wyjściowej $P_o = 9$ W, $U_{CC} = 18$ V, $R_{obc} = 4\ \Omega$, $f = 1$ kHz	90 mV;
Pasmo przenoszenia	$40 \div \div 20000$ Hz;
Zniekształcenia przy $U_{CC} = 18$ V, $R_{obc} = 4\ \Omega$, $P_o = 0{,}05 \div 5$ W	0,3%;
Rezystancja wejściowa	5 MΩ;
Wzmocnienie napięciowe przy otwartej pętli sprzężenia zwrotnego	75 dB;
Wzmocnienie przy zamkniętej pętli	$34 \div 40$ dB;
Temperatura zadziałania zabezpieczenia termicznego	110°C;
Temperatura pracy	$-40 \div 150$°C.



Rys. 16.35. Schemat układu scalonego UL1461L [33]

UL1461L

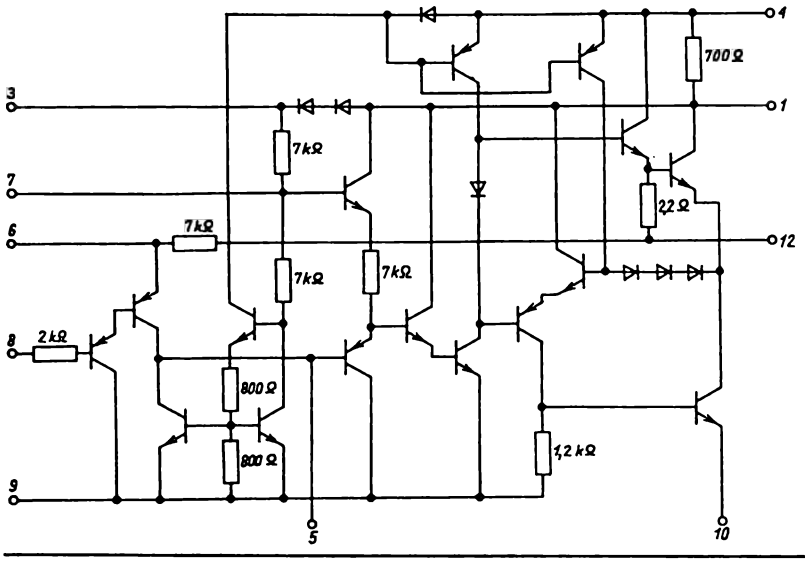
Układ jest wzmacniaczem mocy m.cz. z przedwzmacniaczem napięciowym, przeznaczonym do zastosowania w radioodbiornikach i sprzęcie elektroakustycznym. Jest produkowany w obudowie T03 (rys. 16.2). Schemat elektryczny układu przedstawiono na rys. 16.35.

Opis wyprowadzeń

1 – wyprowadzenie do dołączenia dodatkowego rezystora sprzężenia zwrotnego w przedwzmacniaczu;
2 – miejsce do zablokowania dzielnika stabilizacji punktu pracy wzmacniacza mocy;
3 – wyjście pętli sprzężenia zwrotnego wzmacniacza mocy;
4 – sprzężenie zwrotne wzmacniacza mocy;
5 – wyjście wzmacniacza mocy;
6 – zasilanie;
7 – kompensacja wzmacniacza mocy;
8 – wejście wzmacniacza mocy;
9 – wyjście przedwzmacniacza;
10 – miejsce blokowania zasilania przedwzmacniacza;
11 – wejście przedwzmacniacza;
12 – wyjście pętli sprzężenia zwrotnego przedwzmacniacza.
Obudowa jest połączona z podłożem (masą).

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania U_{CCmax}	18 V;
Moc strat z radiatorem Al 100×100×1 mm	4 W;
Temperatura pracy	–25÷+70°C;
Spoczynkowy prąd zasilania przy U_{CC} = 13,2 V	60 mA;
Czułość przedwzmacniacza	0,1÷1,5 mV;
Czułość wzmacniacza mocy	20÷100 mV;
Moc wyjściowa przy U_{CC} = 13,2 V, R_{wk} = 4 Ω	3 W;
Rezystancja wejściowa przedwzmacniacza	15 kΩ.



Rys. 16.36. Schemat układu scalonego UL1480P [33]

UL1480P

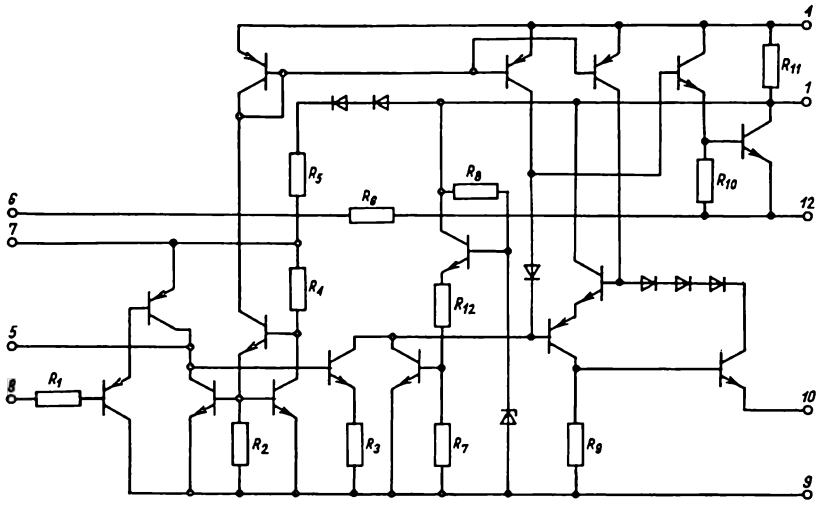
Układ zawiera wzmacniacz mocy m.cz. Ma obudowę CE74 plastykową czterorzędową z zagiętym radiatorem (rys. 16.6). Na rysunku 16.36 pokazano schemat elektryczny układu.

Opis wyprowadzeń

1, *3* – zasilanie;
2 – nie dołączone;
4 – bootstrap;
5 – kompensacja;
6 – sprzężenie zwrotne;
7 – wyprowadzenie do zablokowania zasilania w celu zmniejszenia tętnień;
8 – wejście;
9 – masa przedwzmacniacza;
10 – masa tranzystorów mocy;
11 – nie dołączone;
12 – wyjście wzmacniacza.
Radiator jest połączony z masą.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	+5÷+30 V;
Dopuszczalna moc strat przy temperaturze:	
otoczenia 80°C	1 W;
radiatora 90°C	5 W;
Temperatura pracy	–40÷+150°C;
Spoczynkowy prąd zasilania przy $U_{CC} = 24$ V	20 mA;
Moc wyjściowa przy $U_{CC} = 24$ V, $R_{obc} = 16$	4,4 W;
Wzmocnienie napięciowe z otwartą pętlą	80 dB;
Wzmocnienie z zamkniętą pętlą	39÷45 dB;
Rezystancja wejściowa	5 MΩ;
Pasmo częstotliwości przenoszenia	40÷20000 Hz.



Rys. 16.37. Schemat układu scalonego UL1481 [33]

UL1481P i UL1481T

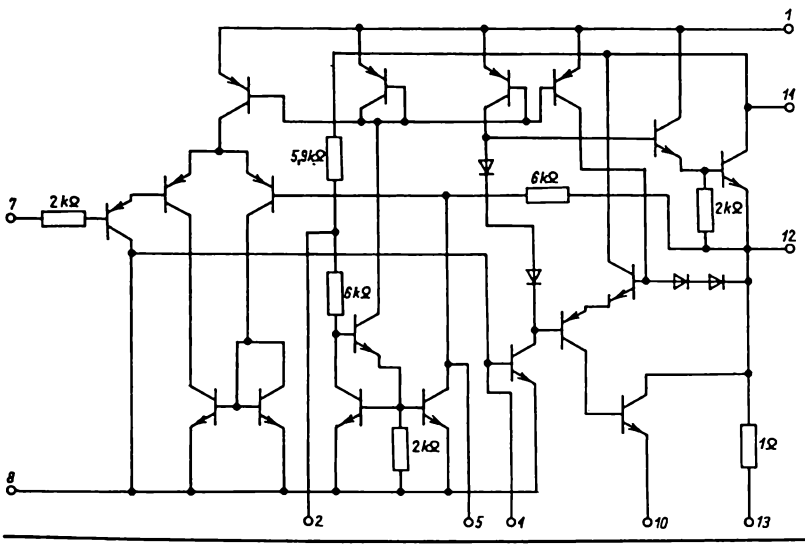
Układy są wzmacniaczami mocy m.cz. do sprzętu elektroakustycznego powszechnego użytku. Układ UL1481P ma obudowę CE74 (rys. 16.6), a UL1481T – CE82 (rys. 16.10). Schemat elektryczny układów pokazano na rys. 16.37.

Opis wyprowadzeń

1 – zasilanie U_{CC};
2 – nie dołączone;
3 – nie dołączone;
4 – bootstrap;
5 – kompensacja częstotliwościowa;
6 – sprzężenie zwrotne;
7 – miejsce zablokowania zasilania w celu zmniejszenia tętnień;
8 – wejście wzmacniacza;
9 – masa przedwzmacniacza;
10 – masa stopnia końcowego;
11 – nie dołączone;
12 – wyjście.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	4÷20 V;
Prąd spoczynkowy	12÷20 mA;
Moc strat przy $t_{amb} = 80°C$	1 W;
Moc strat przy temperaturze radiatora 100°C	5 W;
Moc wyjściowa przy $U_{CC} = 16$ V i $R_{obc} = 4\ \Omega$	7 W;
Wzmocnienie napięciowe przy otwartej pętli	80 dB;
Wzmocnienie napięciowe przy zamkniętej pętli	34÷40 dB;
Czułość przy rezystorze sprzężenia zwrotnego (wyprowadzenie *6*), $R = 56\ \Omega$	80 mV;
Rezystancja wejściowa	5 MΩ;
Pasmo przenoszenia z kondensatorem $C =$ = 820 pF między wyprowadzeniami *5* i *12*	40÷20000 Hz.



Rys. 16.38. Schemat układu scalonego UL1482 [33]

UL1482M, K

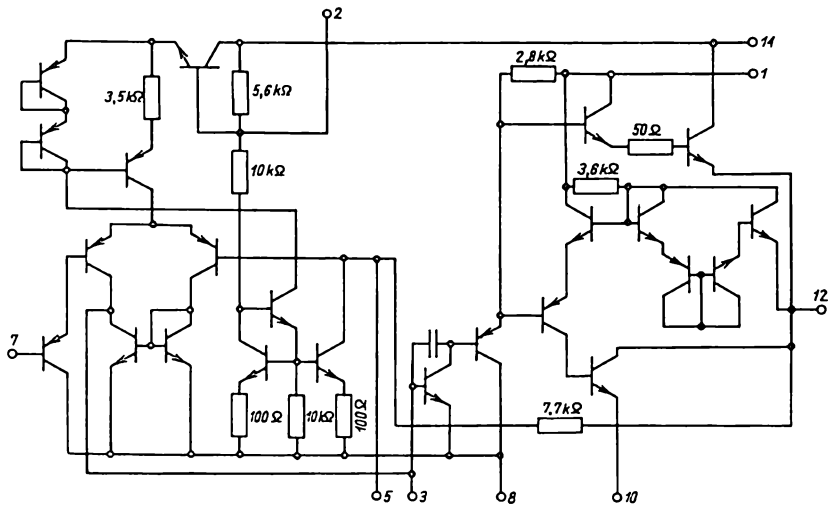
Układy są wzmacniaczami mocy m.cz. Układ UL1482M ma obudowę plastykową czterorzędową z wkładką radiatorową typu CE75B (rys. 16.8), natomiast układ UL1482K – obudowę CE89 (rys. 16.12). Na rysunku 16.38 podano schemat elektryczny układów.

Opis wyprowadzeń

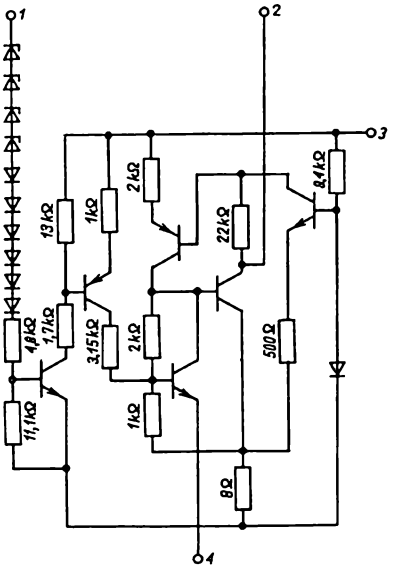
1 – bootstrap;
2 – wyprowadzenie do dołączenia kondensatora blokującego zasilanie wstępnych stopni w celu zmniejszenia tętnień;
3 – nie dołączone;
4 – kompensacja;
5 – sprzężenie zwrotne;
6 – nie dołączone;
7 – wejście wzmacniacza;
8 – podłoże (masa);
9 – nie dołączone;
10 – masa tranzystorów mocy;
11 – nie dołączone;
12 – wyjście wzmacniacza;
13 – kompensacja;
14 – zasilanie.

Dane techniczne

Napięcie zasilające U_{CC}	3 ÷ 16 V;
Prąd spoczynkowy przy $U_{CC} = 9$ V	4 ÷ 12 mA;
Moc wyjściowa przy $U_{CC} = 12$ V, $R_{obc} = 8\ \Omega$	2 W;
Czułość przy mocy wyjściowej 1,2 W, $U_{CC} = 9$ V i rezystorze w układzie *RC* dołączonym do wyprowadzenia *5*, $R_5 = 120\ \Omega$	12 mV;
Rezystancja wejściowa	5 MΩ;
Wzmocnienie napięciowe przy otwartej pętli	75 dB;
Wzmocnienie napięciowe przy zamkniętej pętli i $R_5 = 120\ \Omega$	31 ÷ 37 dB;
Pasmo przenoszenia	25 ÷ 20000 Hz.



Rys. 16.39. Schemat układów scalonych UL1490÷98 [33]
Wyprowadzenie nr *2* mają tylko układy UL1495÷98 [33]



Rys. 16.40. Schemat układu scalonego UL1520L [33]

UL1490÷98N, R i K

Układy są wzmacniaczami mocy m.cz. do sprzętu elektroakustycznego powszechnego użytku. Schemat elektryczny (rys. 16.39) jest jednakowy dla wszystkich układów. Różnią się one mocą wyjściową i obudowami. Układy serii N i K mają obudowę plastykową czterorzędową typu CE75A (rys. 16.7), a układy serii R obudowę z wkładką radiatorową typu CE75B (rys. 16.8).

Opis wyprowadzeń

1 – bootstrap;
2 – w UL1495÷98: tłumienie tętnień sieci;
w UL1490÷93: nie dołączone;
3 – korekcja częstotliwościowa;
4 – nie dołączone;
5 – sprzężenie zwrotne;
6 – nie dołączone;
7 – wejście;
8 – masa;
9 – nie dołączone;
10 – masa tranzystorów mocy;
11 – nie dołączone;
12 – wyjście;
13 – nie dołączone
14 – zasilanie.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	
UL1480, 91, 93, 95, 06, 98	6÷12 V;
UL1492, 97	6÷15 V;
Moc strat	
UL1490N, UL1495N	0,6 W;
pozostałe	1,2 W;
Moc wyjściowa	
UL1490N, UL1495N	0,5 W;
UL1491, 96	1 W;
pozostałe	1,9 W;
Spoczynkowy prąd zasilania przy U_{CC} = 9 V	
UL1490N i UL1495N	10 mA;
UL1491, 93, 96, 98	6 mA;
UL1492, 97	8 mA;
Czułość przy mocy wyjściowej 50 mW	
UL1490N, UL1495N	4,3 mV;
UL1491, 92, 96, 97	3,2 mV;
UL1493, 98	2 mV;
Wzmocnienie napięciowe	41÷50 dB;
Rezystancja wejściowa	1 MΩ.

UL1520L

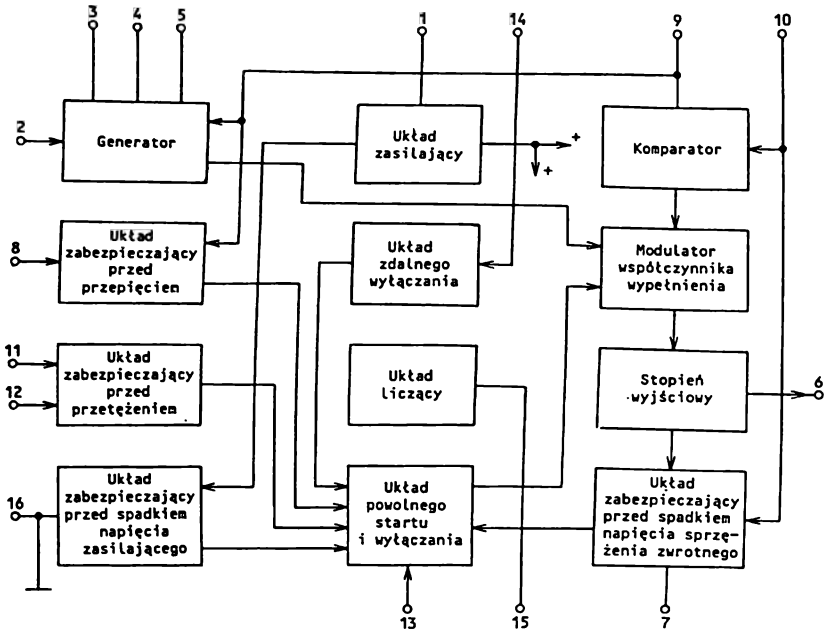
Układ jest przetwornicą do zasilania diod pojemnościowych w odbiornikach radiowych. Ma obudowę metalową okrągłą z czterema wyprowadzeniami, typu CE25 (rys. 16.3). Schemat układu pokazano na rysunku 16.40.

Opis wyprowadzeń

1 – wejście układu stabilizacyjnego;
2 – wyjście impulsów z generatora samodławnego;
3 – zasilanie;
4 – masa.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	4,5÷18 V;
Wyjściowe napięcie stabilizowane	30÷35 V;
Współczynnik stabilizacji napięciowej dla U_{CC} = 4,5÷18 V	$(6{,}4 \div 12) \cdot 10^{-4}$ V/V;
Współczynnik stabilizacji temperaturowej dla t_{amb} = +25÷70°C	2,4÷4,8 mV/°C;
Prąd zasilania przy U_{CC} = 9 V i I_o = = 1 mA	9 mA;
Częstotliwość pracy przy U_{CC} = 9 V	100 kHz.



Rys. 16.41. Schemat blokowy układu scalonego UL1540N [33]

UL1540N

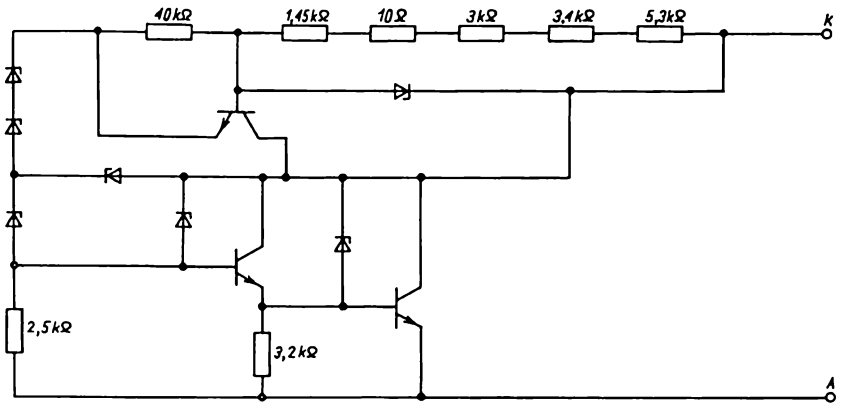
Układ jest przeznaczony do sterowania zasilaczem impulsowym do odbiorników telewizyjnych czarno-białych i kolorowych. Stabilizuje napięcie wyjściowe metodą modulacji szerokości impulsów. Zawiera układ zabezpieczający przed przeciążeniem prądowym i napięciowym, układ zabezpieczający przed spadkiem napięcia zasilania ma możliwość zdalnego wyłączania. Umieszczony jest w obudowie typu CE71 (rys. 16.5). Na rysunku 16.41 pokazano jego schemat blokowy.

Opis wyprowadzeń

1 – zasilanie;
2 – wejście impulsów synchronizacji;
3, *4* – wyprowadzenia generatora do dołączenia kondensatora ustalającego częstotliwość;
5 – napięcie stabilizowane dla generatora i ogranicznik wypełnienia;
6 – wyjście sterujące zasilacz impulsowy;
7 – zabezpieczenie przed spadkiem napięcia w pętli sprzężenia zwrotnego (wyprowadzenie *10*);
8 – zabezpieczenie przed przepięciem;
9 – wejście napięcia odniesienia 6,2 V (dla diody Zenera);
10 – wejście sterujące do dołączenia sprzężenia zwrotnego;
11, *12* – wejście do dołączenia napięcia proporcjonalnego do prądu kolektora tranzystora kluczującego przetwornicy (zabezpieczenie przed przetężeniem);
13 – wyprowadzenie do dołączenia układu stałej czasowej startu i wyłączania;
14 – wejście do zdalnego wyłączania;
15 – wejście układu liczącego wyłączenia w przypadku awarii (do dołączenia kondensatora);
16 – masa.

Dane techniczne

Napięcie zasilające	10,2 ÷ 13,8 V;
Prąd zasilania przy $U_{CC} = 12$ V	8 mA;
Napięcie zasilania powodujące zadziałanie układu wyłączającego	8 V;
Wartość międzyszczytowa impulsów synchronizacji (wyprowadzenie *2*)	1 ÷ 10 V;
Minimalna wartość rezystora między wyprowadzeniami *4* i *5*	30 kΩ;
Maksymalny prąd z wyprowadzenia *6*	20 mA;
Współczynnik wypełnienia impulsów na wyprowadzeniu *6*	20 ÷ 90%;
Napięcie na wyprowadzeniach *11* i *12* powodujące zadziałanie zabezpieczenia przetężeniowego	⩾ 0,7 V;
Prąd zasilania diody odniesienia (wyprowadzenie *9*)	800 μA;
Napięcie na wyprowadzeniu *10*	6,2 V;
Napięcie między wyprowadzeniami *14* i *16* powodujące wyłączanie	0 ÷ 3 V;
Napięcie włączające na wyprowadzeniu *14*	5 V lub otwarty obwód wyprowadzenia *14*.



Rys. 16.42. Schemat układu scalonego UL1550L [33]

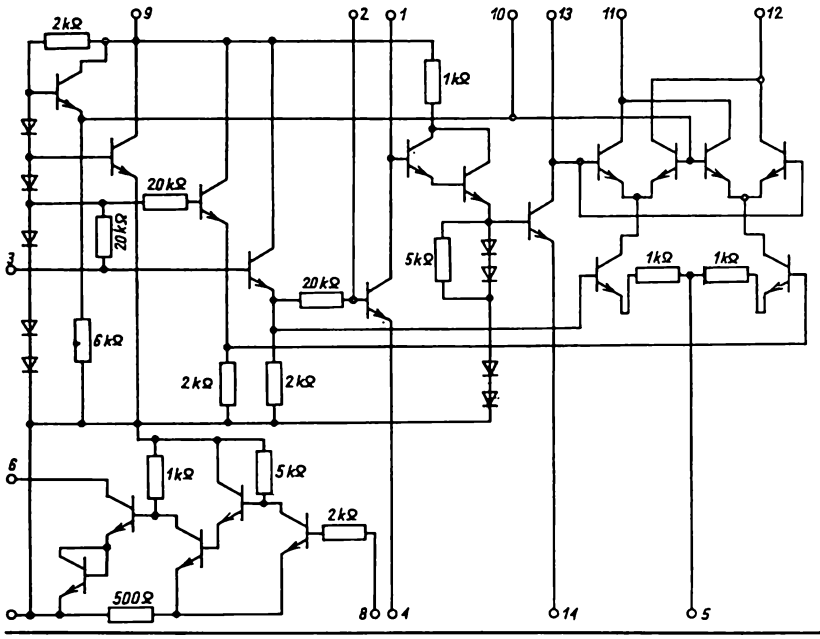
UL1550L

Układ jest skompensowanym temperaturowo stabilizatorem napięcia do zasilania diod pojemnościowych. Ma obudowę dwuwyprowadzeniową typu CE12 (rys. 16.15). Schemat elektryczny układu pokazano na rys. 16.42.

Dane techniczne

Maksymalny prąd stabilizacji	15 mA;
Temperatura pracy	$-20 \div +70$ °C;
Rezystancja dynamiczna przy I_z = = 5 mA	25 Ω;
Temperaturowy współczynnik napięcia stabilizacji	$(-0{,}5 \div +0{,}5) \cdot 10^{-4}$/°C;
Napięcie stabilizacji	$31 \div 35$ V.

Uwaga: zagraniczne odpowiedniki mogą mieć barwne oznaczenie: czerwona kropka oznacza napięcie $30 \div 32$ V;
żółta kropka napięcie $32 \div 34$ V;
zielona kropka napięcie $34 \div 35$V.



Rys. 16.43. Schemat układu scalonego UL1601N [33]

UL1601N

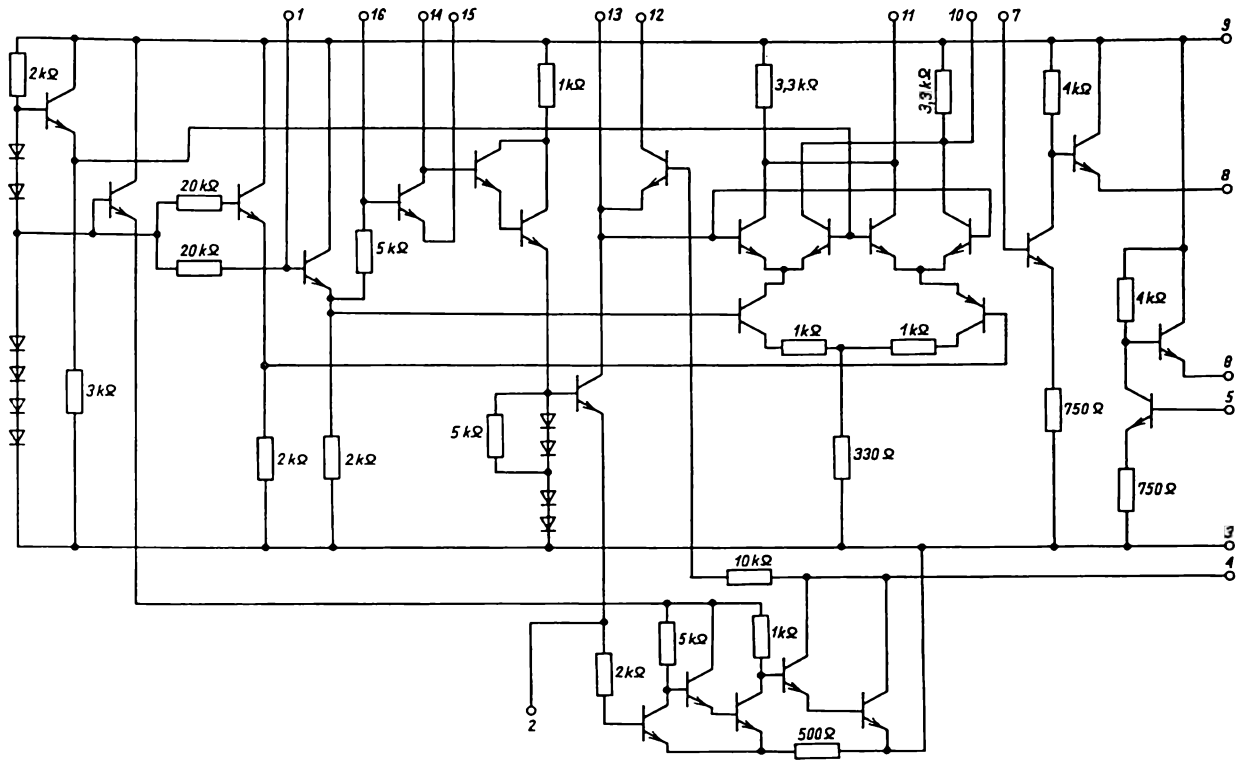
Układ jest dekoderem stereofonicznym do sprzętu powszechnego użytku. Jest przystosowany do współpracy z filtrami *LC* służącymi do wydzielania częstotliwości pilotującej 19 kHz i podnośnej 38 kHz. Ma obudowę typu CE70 (rys. 16.4). Schemat elektryczny układu pokazano na rys. 16.43.

Opis wyprowadzeń

1 – wyjście wzmacniacza częstotliwości pilota 19 kHz;
2 – wyprowadzenie do dołączenia przełącznika mono-stereo;
3 – wejście sygnału złożonego;
4 – wyprowadzenie do dołączenia rezystora emiterowego wzmacniacza 19 kHz;
5 – wyprowadzenie do dołączenia regulatora przesłuchu;
6 – wyprowadzenie do dołączenia lampki sygnalizacyjnej;
7 – podłoże (masa);
8 – wejście układu sterowania lampką sygnalizacyjną;
9 – zasilanie;
10 – napięcie stabilizowane 3 V;
11 – wyjście lewego kanału;
12 – wyjście prawego kanału;
13 – wyjście wzmacniacza 38 kHz;
14 – wyprowadzenie do dołączenia rezystora emiterowego wzmacniacza częstotliwości podnośnej 38 kHz.

Dane techniczne

Napięcie zasilania U_{CC}	5,5 ÷ 12 V;
Prąd spoczynkowy zasilania	6,5 mA;
Prąd lampki sygnalizacyjnej	40 mA;
Poziom wejściowy zapalający lampkę	50 ÷ 100 mV;
Napięcie wyściowe	70 ÷ 136 mV;
Rezystancja wejściowa	20 kΩ;
Tłumienie przesłuchu	≥ 30 dB.



Rys. 16.44. Schemat układu scalonego UL1611N [33]

UL1611N

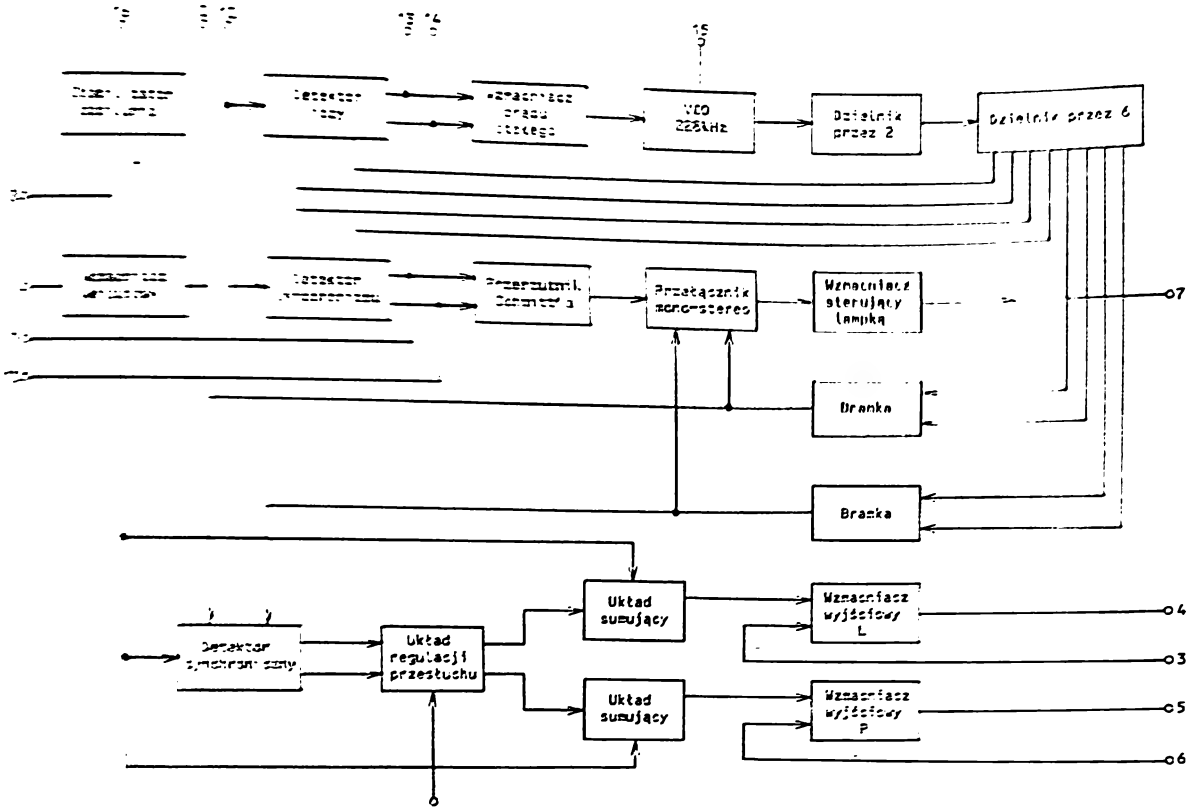
Układ zawiera dekoder stereofoniczny, podobnie jak UL1601, przystosowany do wydzielania częstotliwości pilotującej 19 kHz i częstotliwości podnośnej 38 kHz, za pomocą obwodów rezonansowych *LC*. Schemat elektryczny układu UL1611N (rys. 16.44) jest podobny do UL1601, z tym że zawiera dodatkowo przedwzmacniacze m.cz. dla sygnału każdego z kanałów. Ma obudowę typu CE71 (rys. 16.5).

Opis wyprowadzeń

1 – wejście przedwzmacniacza sygnału złożonego;
2 – wejście sterowania lampką sygnalizacyjną;
3 – podłoże (masa);
4 – wyprowadzenie do dołączenia lampki sygnalizacyjnej:
5 – wejście przedwzmacniacza kanału prawego;
6 – wyjście przedwzmacniacza kanału prawego;
7 – wejście przedwzmacniacza kanału lewego;
8 – wyjście przedwzmacniacza kanału lewego;
9 – zasilanie;
10 – wyjście kanału prawego z demodulatora;
11 – wyjście kanału lewego z demodulatora;
12, *13* – wyjście wzmacniacza podnośnej 38 kHz służące do dołączenia obwodu rezonansowego;
14 – wyjście wzmacniacza pilota 19 kHz;
15 – wyprowadzenie do dołączenia rezystora emiterowego wzmacniacza 19 kHz;
16 – wyjście wzmacniacza 19 kHz.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	20 V;
Maksymalny prąd lampki sygnalizacyjnej	40 mA;
Spoczynkowy prąd zasilania przy $U_{CC} = 12$ V	$\leqslant$ 20 mA;
Napięcie wyjściowe przy napięciu wejściowym 100 mV	200 ÷ ÷400 mV;
Tłumienie przesłuchu	$\geqslant$ 30 dB;
Napięcie wejściowe powodujące zaświecenie się lampki	50 ÷ 100 mV.



Rys. 16.45. Schemat blokowy układu scalonego UL1621N [46]

UL1621N

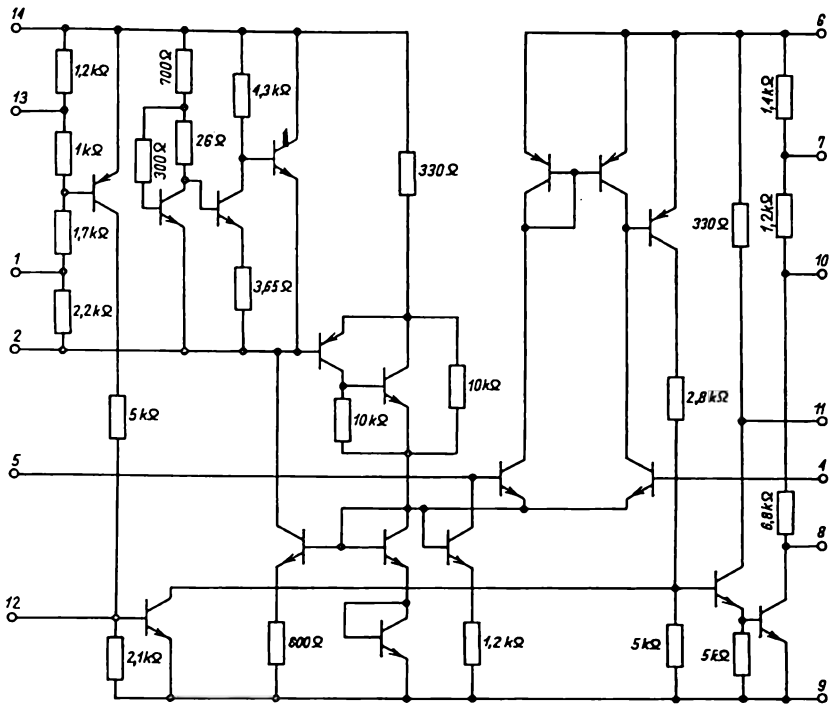
Jest to dekoder sygnału stereofonicznego z generatorem przestrajanym napięciem (VCO) i pętlą synchronizacji fazowej (PLL). Układ ma obudowę typu DIL-16 (rys. 16.5). Schemat blokowy pokazano na rys. 16.45.

Opis wyprowadzeń

1 – wejście sygnału złożonego;
2 – wyjście wzmacniacza wstępnego sygnału złożonego;
3 – wejście sprzężenia zwrotnego wzmacniacza m.cz. kanału lewego;
4 – wyjście sygnału kanału lewego;
5 – wyjście sygnału kanału prawego;
6 – wejście sprzężenia zwrotnego wzmacniacza m.cz. kanału prawego;
7 – wyprowadzenie do dołączenia lampki – wskaźnika stereo;
8 – podłoże (masa);
9, 10 – wyprowadzenia do dołączenia filtru dolnoprzepustowego (kondensatora);
11 – wyprowadzenie do dołączenia napięcia regulującego przesłuch;
12 – wejście detektorów fazy;
13, 14 – wyprowadzenia do dołączenia elementów *RC* filtru dolnoprzepustowego;
15 – wyprowadzenie do dołączenia elementów określających częstotliwość generatora VCO (228 kHz);
16 – zasilanie.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	8÷16 V;
Prąd spoczynkowy zasilania	35 mA;
Wzmocnienie napięciowe	0,8÷1,2 V/V;
Napięcie wejściowe sygnału pilotującego zapalające lampkę	12÷25 mV;
Rezystancja wejściowa	80 kΩ;
Napięcie regulacji przesłuchu (wyprowadzenie *11*)	
przy tłumieniu przesłuchu 3 dB	0,7 V;
przy tłumieniu przesłuchu 30 dB	1,6 V;
Tłumienie przesłuchu	30÷40 dB.



Rys. 16.46. Schemat układu scalonego UL1901M [46]

UL1901M, UL1901K i UL1901K II

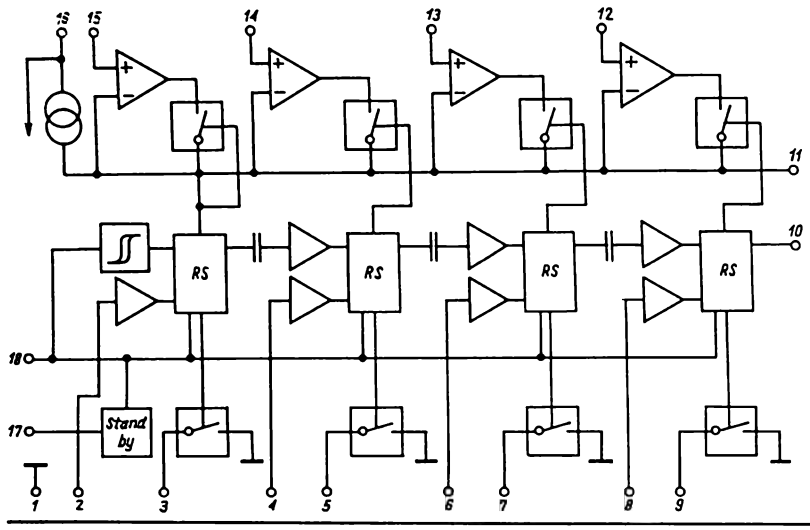
Układy scalone UL1901 są stabilizatorami prędkości obrotowej silników elektrycznych prądu stałego stosowanych w magnetofonach. Układy UL1901K I i K II montowane są w obudowach typu CE75A (rys. 16.7), a układ UL1901M w obudowie CE75B (rys. 16.8). Schemat elektryczny układów jest identyczny. Pokazano go na rys. 16.46.

Opis wyprowadzeń

1, *13* lub *2*, *14* – wyprowadzenia do dołączenia potencjometru regulującego prędkość obrotową silnika (napięcie z układu odniesienia),
3 – nie dołączone;
4 – wejście nie odwracające wzmacniacza błędu;
5 – wejście odwracające wzmacniacza błędu;
6 – zasilanie stopnia mocy;
7, *8*, *10* – wyjścia;
9 – masa;
11 – kompensacja częstotliwościowa;
12 – zabezpieczenie termiczne (nie dołączać);
14 – zasilanie układu odniesienia.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	3,8 ÷ 18 V;
Maksymalny prąd wyjściowy	1,8 A;
Moc strat przy $t_{amb} = 25°C$	
UL1901M	1,1 W;
UL1901K I	0,6 W;
UL1901K II	1,5 W;
Napięcie odniesienia przy $U_{CC} = 9$ V	1,2 ÷ 1,65 V;
Zmiana prędkości obrotowej silnika	
przy zmianie obciążenia $I_o = 100 \div 200$ mA	0,6%;
przy zmianie napięcia zasilania o 33%, $I_C = 50$ mA	±0,3%.



Rys. 16.47. Schemat blokowy układów scalonych UL1958N i UL1959N [46]

UL1958N i UL1959N

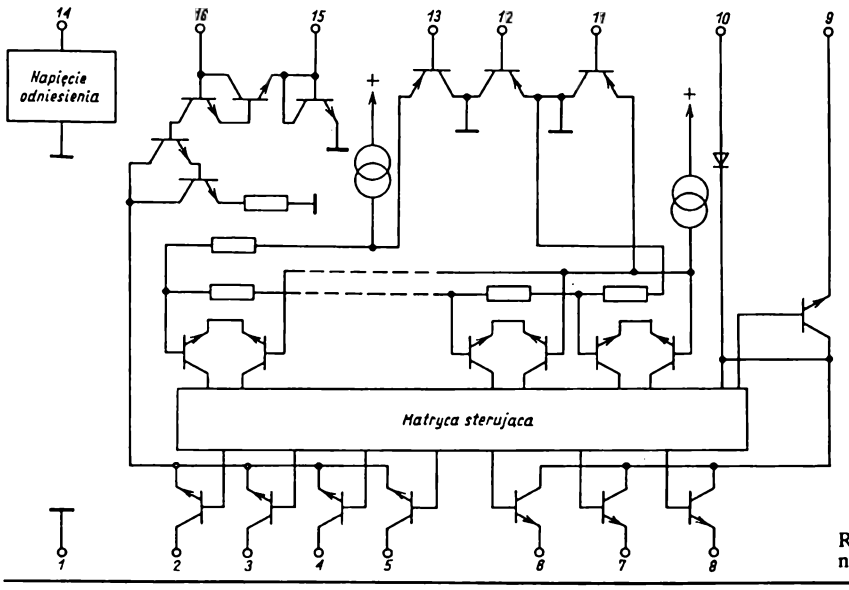
Układy są przełącznikami sensorowymi do sterowania głowic strojonych warikapami w odbiornikach radiowych i telewizyjnych. Każdy z układów daje możliwość zaprogramowania czterech kanałów. Układ UL1958N ma obwód powodujący włączenie pierwszego kanału w momencie włączenia zasilania. Jest on układem podstawowym, do którego dołącza się dowolną liczbę układów UL1959N w celu zwiększenia liczby kanałów. Oprócz tego układ zawiera obwód umożliwiający zablokowanie wszystkich wejść. Obydwa układy zawierają licznik pierścieniowy wykorzystywany do zdalnego sterowania przełącznikiem. Układy mają osiemnastowyprowadzeniowe obudowy typu CE81 (rys. 16.9). Na rysunku 16.47 pokazano schemat blokowy układów.

Opis wyprowadzeń

1 – masa;
2, 4, 6, 8 – wejścia z czujników sensorowych;
3, 5, 7, 9 – wyjścia do wskaźników;
10 – wyjście do następnego licznika kołowego;
11 – wyjście napięcia zasilającego warikapy;
12, 13, 14, 15 – wejścia napięć warikapowych z programatora;
16 – zasilanie;
17 – wejście układu blokady (ang. *stand by*) – UL1958N wejście licznika kołowego – UL1959N;
18 – wejście impulsów przełączających.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	10÷36 V
Prąd zasilania	
przy włączonej sekcji	4,5÷9,5 mA;
przy wyłączonych sekcjach	2,9÷8,5 mA;
Napięcie na wyprowadzeniu *18*	
podczas przełączania	3,25÷4,2 V;
po przełączeniu	2,6÷3,2 V;
Napięcie przebicia tranzystorów sterujących wskaźnikami	50 V;
Zakres napięć programujących	0,3 V÷ ÷(U_{CC} – 2 V);
Prąd wejściowy (wyprowadzenia *12, 13, 14, 15*)	150 nA;
Prąd wejściowy wzmacniacza czujnikowego	20÷200 nA;
Amplituda impulsu przełączającego	15 V_{pp};
Czas trwania impulsu przełączającego	2,5 µs.



Rys. 16.48. Schemat blokowy układu scalonego UL1970N [46]

UL1970N

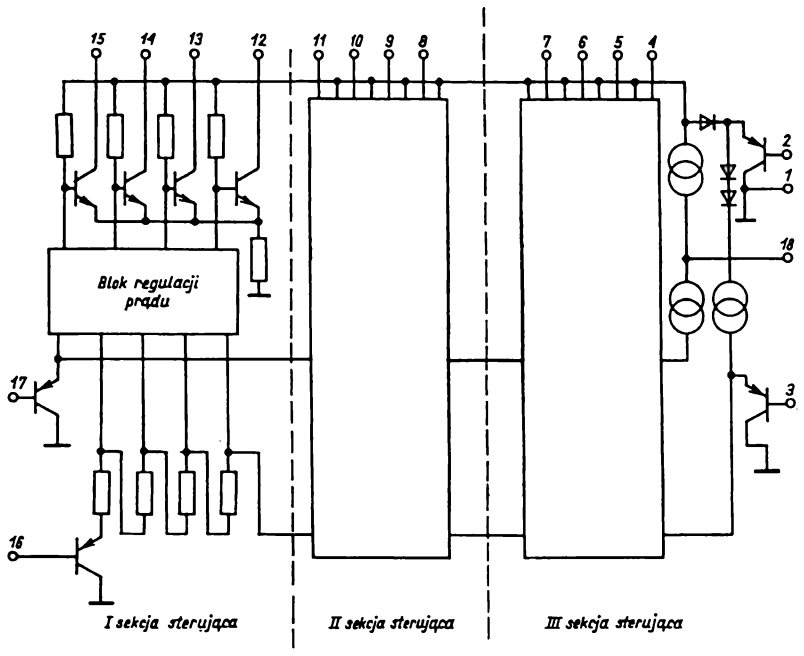
Układ jest przeznaczony do sterowania liniowego wskaźnika diodowego z tzw. *świecącym punktem*, złożonego z szesnastu diod świecących. Przetwarza napięcie wejściowe na sygnał zapalający jedną z szesnastu diod. Ma obudowę plastykową dwurzędową o szesnastu nóżkach, CE71 (rys. 16.6). Schemat blokowy układu pokazano na rys. 16.48.

Opis wyprowadzeń

1 – masa;
2, *3*, *4*, *5* – wyjście sterujące katody diod elektroluminescencyjnych;
6, *7*, *8*, *9* – wyjścia sterujące anody diod elektroluminescencyjnych;
10 – zasilanie;
11 – wejście napięcia sterującego;
12 – wejście napięcia odniesienia dla minimum;
13 – wejście napięcia odniesienia dla maksimum;
14 – wyjście stabilizatora wewnętrznego;
15 – wejście regulujące jasność świecenia diod;
16 – wyprowadzenie do dołączenia rezystora lub fototranzystora regulującego intensywność świecenia diod.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	11 ÷ 18 V;
Prąd zasilania	4 ÷ 10 mA;
Napięcie stabilizatora wewnętrznego	5 ÷ 6 V;
Napięcie odniesienia na wyprowadzeniu *13*	1,4 ÷ 6 V;
Napięcie odniesienia na wyprowadzeniu *12*	0 ÷ 4,6 V;
Prąd sterujący diodą świecącą	÷ 50 mA;
Maksymalne napięcie sterujące wyprowadzenie *11*	6 V.



Rys. 16.49. Schemat blokowy układu scalonego UL1980N [46]

UL1980N

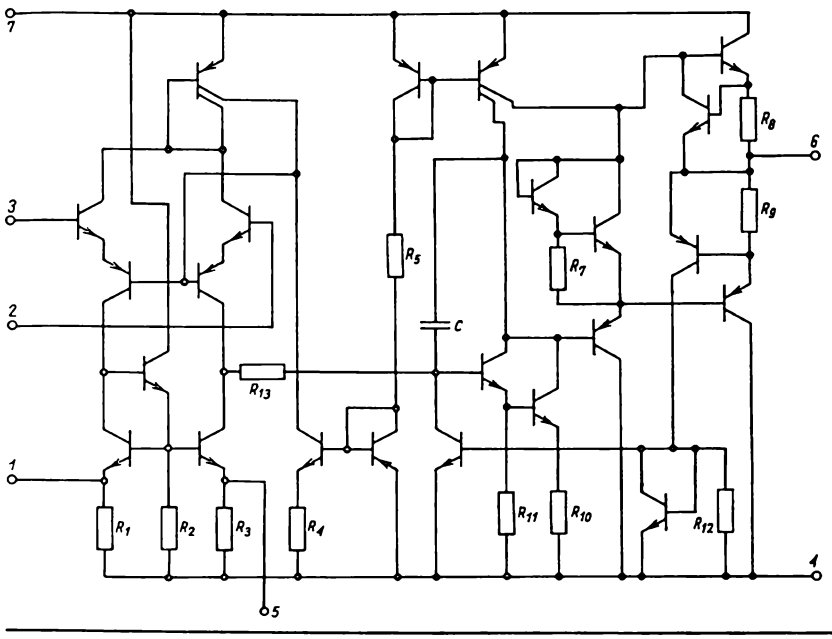
Układ służy do sterowania liniowego wskaźnika diodowego, tzw. *świecącą linią*, złożonego z dwunastu diod świecących. Liczba świecących jednocześnie diod jest zależna od napięcia sterującego. Łącząc układy UL1980N można wysterować wskaźnik złożony z większej niż dwanaście liczby diod. Układ ma obudowę typu CE81 (rys. 16.9). Na rysunku 16.49 podano jego schemat blokowy.

Opis wyprowadzeń

1 – masa układu;
2 – wejście do regulacji intensywności świecenia diod elektroluminescencyjnych;
3 – napięcie odniesienia odpowiadające maksimum wskazań;
4÷15 – wyjścia sterujące diody (odpowiednio 12÷1);
16 – napięcie odniesienia odpowiadające minimum wskazań;
17 – wejście napięcia sterującego;
18 – zasilanie.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	10÷18 V;
Napięcie sterujące	0÷6 V;
Prąd zasilania przy zasilaniu 12 V	5,5÷8,2 mA;
Wyjściowy prąd sterujący diodą	10 mA.



Rys. 16.50. Schemat układu scalonego ULY7741N [46]

ULY7741N

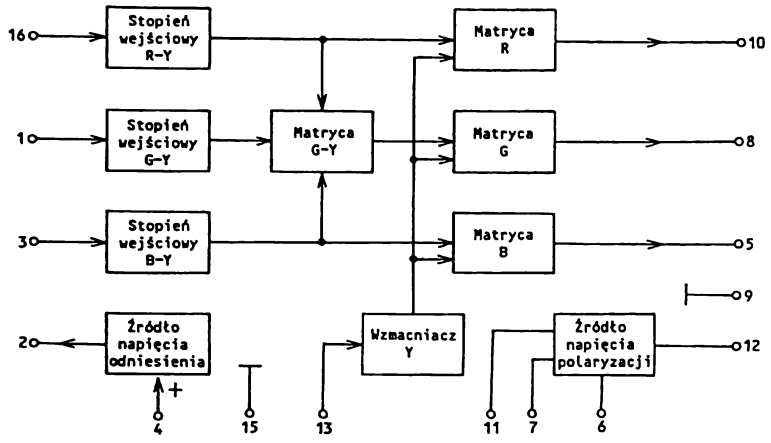
Układ jest uniwersalnym wzmacniaczem operacyjnym. Może mieć różnorodne zastosowania. Ma obudowę typu CE84 (rys. 16.11). Na rysunku 16.50 pokazano jego schemat elektryczny.

Opis wyprowadzeń

1, *5* – wyprowadzenia do dołączenia potencjometru (suwak do minusa zasilania) do kompensacji wejściowego napięcia niezrównoważenia;
2 – wejście odwracające;
3 – wejście nieodwracające;
4 – napięcie zasilające ujemne;
6 – wyjście wzmacniacza;
7 – napięcie zasilające dodatnie;
8 – nie dołączone.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	±18 V;
Prąd zasilania przy $U_{CC} = \pm 15$ V	1,7÷2,8 mA;
Maksymalne wejściowe napięcie różnicowe	±30 V;
Dla napięć zasilających mniejszych niż ±15 V napięcie wejściowe nie może przekraczać ±U_{CC}	
Rezystancja wejściowa	0,3÷2MΩ;
Pojemność wejściowa	1,4 pF;
Zakres regulacji napięcia niezrównoważenia	±50 mV;
Rezystancja wyjściowa	75 Ω;
Zwarciowy prąd wyjścia	18 mA;
Moc tracona	500 mW;
Wejściowe napięcie niezrównoważenia	≤ 7,5 mV;
Wzmocnienie napięciowe przy otwartej pętli	
dla częstotliwości 10 Hz	100 dB;
dla częstotliwości 1 MHz	0 dB.



Rys. 16.51. Schemat układu scalonego A231D [29]

A231D

Układ scalony A231D firmy RFT (NRD) jest matrycą R.G.B (ang.: *Red*, *Green*, *Blue*) do telewizorów kolorowych.
Układ spełnia następujące funkcje:

- dostarcza sygnałów R, G i B;
- dostarcza sygnału G–Y;
- wytwarza napięcie odniesienia dla wejść R–Y i B–Y;
- dostarcza napięć polaryzujących stopnie końcowe wizji.

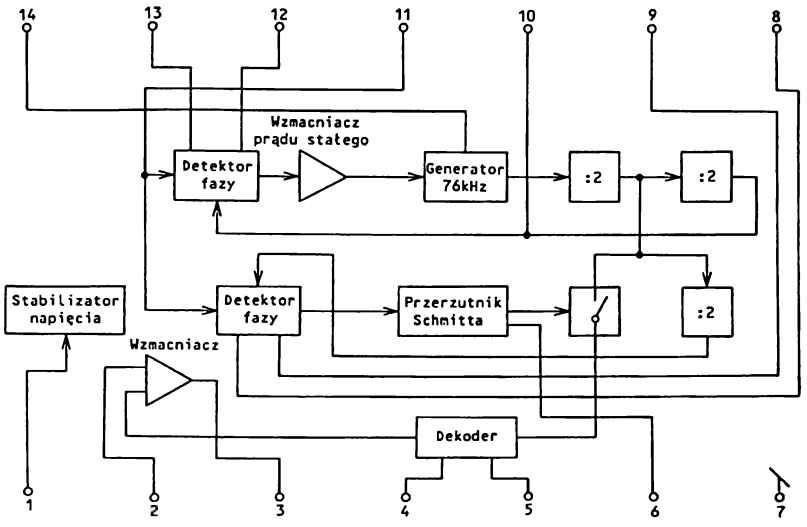
Układ ma obudowę plastykową szesnastowyprowadzeniową typu CE71 (rys. 16.5). Na rysunku 16.51 pokazano jego schemat blokowy.

Opis wyprowadzeń

1 – wejście napięcia odniesienia;
2 – wyjście napięcia odniesienia;
3 – wejście sygnału B–Y;
4 – zasilanie;
5 – wyjście sygnału B (niebieskiego);
6 – wejście regulujące napięcia polaryzacji;
7 – wejście impulsów gaszących (dodatnich);
8 – wyjście sygnału G (zielonego);
15, *9* – podłoże (masa);
10 – wyjście sygnału R (czerwonego);
11 – wejście impulsów gaszących (ujemnych);
12 – wyjście napięcia polaryzującego stopnie końcowe;
13 – wejście sygnału Y (luminancji);
14 – wejście regulacyjne sygnału Y;
16 – wejście sygnału R-Y.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	15 V;
Pobór prądu zasilania	150 mA;
Maksymalny prąd wyjść R, G, B	35 mA;
Maksymalny prąd źródła napięcia polaryzującego	15 mA;
Maksymalne napięcie polaryzującego wejścia R–Y, B–Y, G–Y (wyprowadzenia *1*, *3*, *16*)	9 V;
Maksymalne napięcie polaryzujące wejście Y (wyprowadzenie *13)*	3,5 V.



Rys. 16.52. Schemat blokowy układu scalonego A290D [46]

A290D

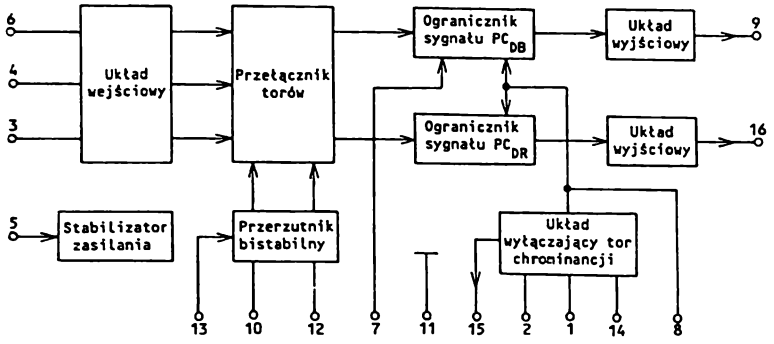
Układ scalony A290D firmy RFT jest dekoderem sygnału stereofonicznego zawierającym generator strojony napięciem (VCO) i pętlę synchronizacji fazy (PLL). Ma budowę podobną do układu UL1621 z tym, że nie zawiera wzmacniaczy wyjściowych sygnałów lewego i prawego kanału. Układ jest zamknięty w obudowie typu CE70 (rys. 16.4). Schemat blokowy pokazano na rys. 16.52.

Opis wyprowadzeń

1 – zasilanie;
2 – wejście sygnału zespolonego;
3 – wyjście przedwzmacniacza sygnału zespolonego;
4 – wyjście sygnału kanału lewego;
5 – wyjście sygnału kanału prawego;
6 – wyjście sterujące wskaźnikiem stereo (lampką);
7 – masa;
8, *9* – wyprowadzenia do dołączenia filtru dolnoprzepustowego przełącznika kanałów;
10 – wyjście sygnału pilotującego 19 kHz;
11 – wejście modulatora;
12, *13* – wyprowadzenia do dołączenia filtru dolnoprzepustowego pętli PLL;
14 – wyprowadzenie do dołączenia układu *RC* określającego częstotliwość oscylatora.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	8÷14 V;
Maksymalna moc wydzielana	625 mW;
Maksymalny prąd lampki sygnalizacyjnej	75 mA
Maksymalne napięcie międzyszczytowe sygnału zespolonego	2,8 V;
Impedancja wejściowa	50 kΩ;
Tłumienie przesłuchu	40 dB;
Napięcie wyjściowe (wartość skuteczna)	485 mV;
Napięcie wejściowe sygnału 19 kHz powodujące zaświecenie lampki sygn.	20 mV;
Pobór prądu przy wyłączonej lampce	13 mA.



Rys. 16.53. Schemat blokowy układu scalonego A295D [29]

A295D

Układ jest dekoderem SECAM do odbiorników telewizji kolorowej i zawiera (rys. 16.53):
- przełącznik torów;
- przerzutnik bistabilny sterujący przełącznikiem;
- ograniczniki sygnałów PC_{DR} i PG_{DS} o zmiennym poziomie ograniczenia;
- układy blokujące tor chrominancji przy odbiorze sygnału czarno-białego;
- układy sterujące kluczem włączającym eliminatory chrominancji w torze luminancji przy odbiorze sygnału z podnośną chrominancji.

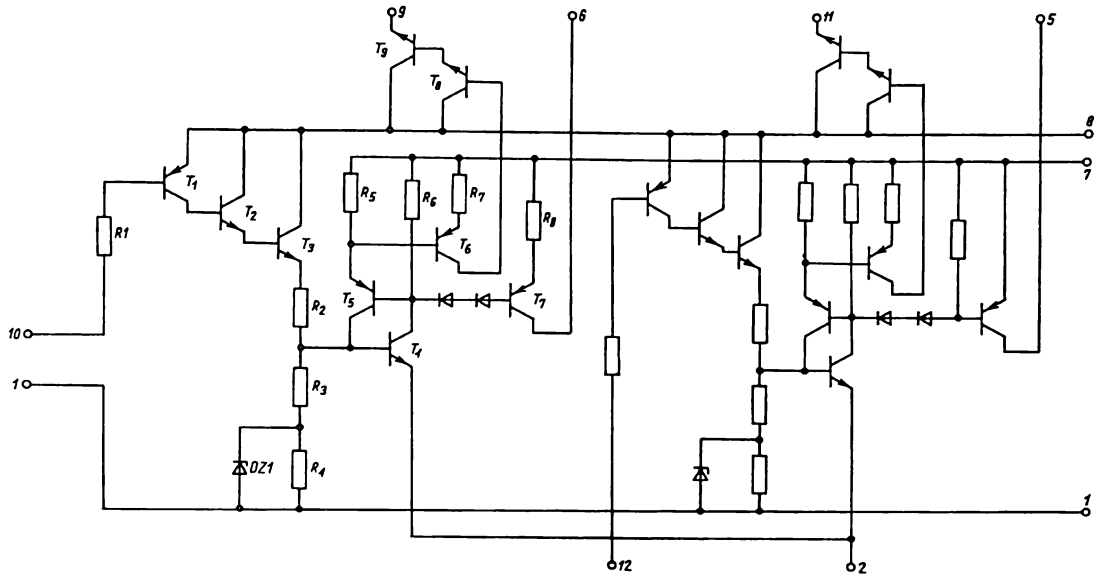
Układ jest produkowany przez firmę RFT i ma obudowę plastykową jednorzędową o szesnastu wyprowadzeniach, typu CE71 (rys. 16.5).

Opis wyprowadzeń

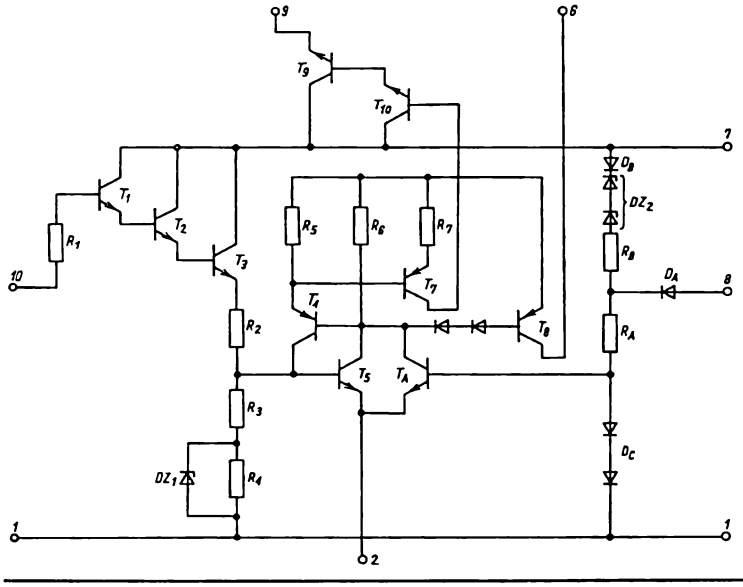
1, *14* – wejścia blokujące tor chrominancji;
2 – wejście sterujące tranzystorem blokującym ograniczniki;
3 – wejście sygnału chrominancji;
4 – wyprowadzenie blokowane kondensatorem (źródło napięciowe polaryzujące przełącznik torów);
5 – zasilanie;
6 – wejście opóźnionego sygnału chrominancji;
7 – wejście do dołączenia regulatora amplitudy sygnału B-Y;
8 – wejście do dołączenia regulatora nasycenia kolorów;
9 – wyjście linii modulowanej sygnałem różnicowym niebieskim B–Y (PC_{DB});
10, *12* – wejście impulsów powrotu linii;
11 – masa;
13 – wejście sygnału identyfikacji (sychronizacja przerzutnika bistabilnego;
15 – wyjście napięcia włączającego i wyłączającego filtr eliminatora podnośnej chrominancji w torze luminancji;
16 – wyjście linii modulowanej sygnałem różnicowym R–Y (PC_{DR}).

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	15 V;
Pobór prądu	⩽ 60 mA;
Napięcie wyjściowe na wyprowadzeniach *9* i *16* przy napięciu na wyprowadzeniu *8*: $U_8 = 2$ V	1,5 ÷ 2,4 V;
Napięcie wyjściowe włączające pułapki chrominancji na wyprowadzeniu *15*	
przy odbiorze sygnału kolorowego	⩾ 3 V;
przy odbiorze sygnału czarno-białego	⩽ 0,3;
Napięcie na wyprowadzeniach *10* i *12* wyzwalające przerzutnik bistabilny	1 ÷ 1,7 V;
Napięcie na wyprowadzeniu *13* synchronizujące przerzutnik	0,5 ÷ 1,1 V;
Napięcie zatykające tor chrominancji (wyprowadzenie *1*)	0,5 ÷ 1,1 V.



Rys. 16.54. Schemat układu scalonego SAS670 (dwa stopnie)



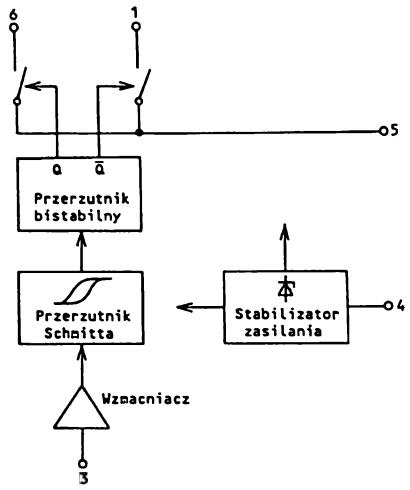
Rys. 16.55. Schemat stopnia z układem priorytetu z układu scalonego SAS660.

SAS660 i SAS670

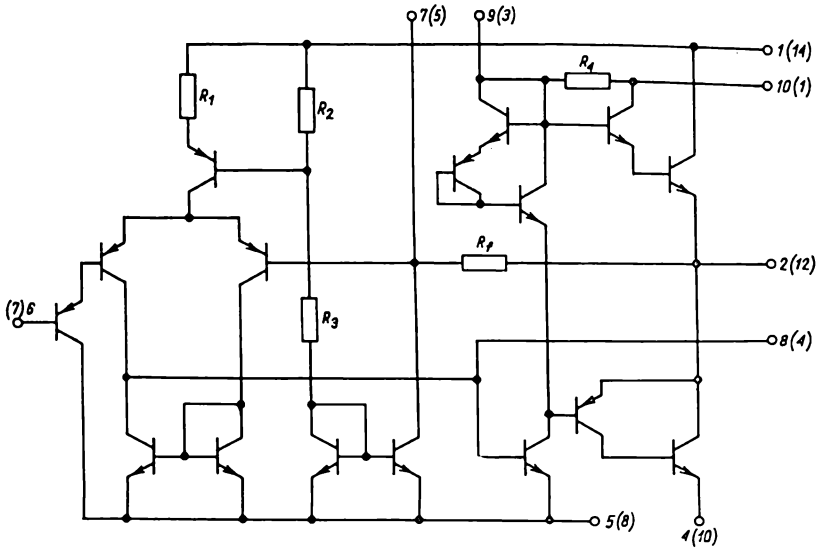
Układy SAS660 i SAS670 produkowane przez firmę Telefunken są przełącznikami sensorowymi do przełączania zakresów w radioodbiornikach i telewizorach oraz do włączenia mechanizmów elektrycznych (np. w gramofonach). Układ SAS660 posiada układ priorytetu, który powoduje, że po włączeniu zasilania, włącza się zawsze pierwszy stopień przełącznika. W urządzeniach elektronicznych stosuje się albo sam układ SAS660, albo w połączeniu z SAS670 dla zwiększenia liczby sensorów (każdy z układów ma cztery wejścia sterujące). Na rysunku 16.54 podano schemat dwóch stopni przełączających, a na rys. 16.55 jeden stopień z układem priorytetu. Układy mają obudowy plastykowe dwurzędowe szesnastowyprowadzeniowe, typu CE71 (rys. 16.5).

Opis wyprowadzeń

1 – masa;
2 – wyprowadzenie do rezystora wspólnego dla wszystkich stopni;
3 – wyjście 33 V (napięcie strojące) z czwartego stopnia;
4 – wyjście 33 V z trzeciego stopnia;
5 – wyjście 33 V z drugiego stopnia;
6 – wyjście 33 V z pierwszego stopnia;
7 – wejście napięcia 33 V;
8 – wejście napięcia przełączającego zakresy (13,5 V);
9 – wyjście napięcia 13,5 V z pierwszego stopnia;
10 – wejście sensorowe pierwszego stopnia;
11 – wyjście napięcia 13,5 V z drugiego stopnia;
12 – wejście sensorowe drugiego stopnia;
13 – wyjście 13,5 V z trzeciego stopnia;
14 – wejście sensorowe trzeciego stopnia;
15 – wyjście napięcia 13,5 V z czwartego stopnia;
16 – wejście sensorowe czwartego stopnia.



Rys. 16.56. Schemat blokowy układu SAS5810



Rys. 16.57. Schemat układu scalonego TAA611

SAS5810

Układ jest pojedynczym przełącznikiem do współpracy z czujnikiem sensorowym. Umieszczony jest w obudowie plastykowej dwurzędowej o sześciu wyprowadzeniach (rys. 16.14). Jest produkowany przez firmę Siemens. Na rysunku 16.56 pokazano jego schemat blokowy.

Opis wyprowadzeń

1 – wyjście I;
2 – nie dołączone;
3 – wejście z czujnika sensorowego;
4 – zasilanie;
5 – wejście napięcia przełączanego;
6 – wyjście II.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	5÷18 V;
Napięcie przełączane	10÷30 V;
Prąd zasilania	3÷5 mA;
Maksymalny prąd wyjściowy (z wyprowadzenia *1* lub *6*)	35 mA.

TAA611A, B, C

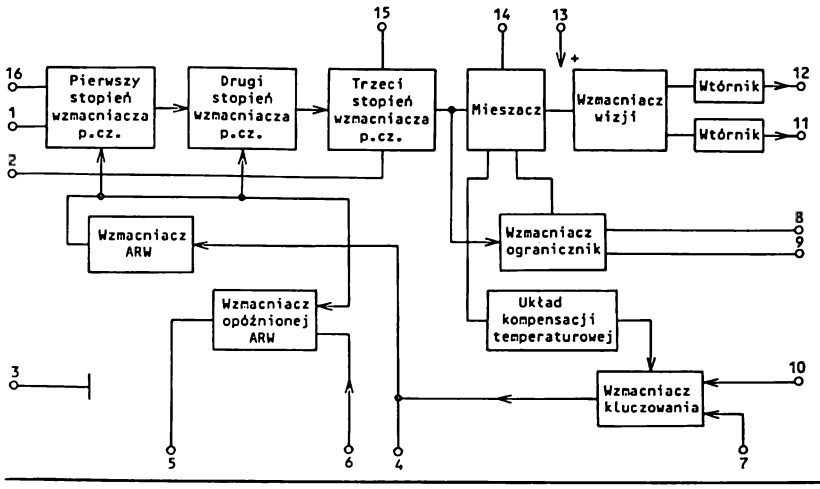
Są to wzmacniacze mocy m.cz. przeznaczone do odbiorników radiowych, gramofonów i wzmacniaczy. Wersje A, B i C różnią się od siebie maksymalnymi napięciami zasilającymi (mocą wyjściową). Układy TAA611 są produkowane przez kilka firm, między innymi firmę SGS ATES. TAA611A może mieć obudowę metalową okrągłą o dziesięciu wyprowadzeniach, typu CE52 (TAA611A55) lub plastykową czterorzędową z wkładką radiatorową typu CE75B (TAA611A12). Układy TAA611B i C mają obudowy typu CE75B. Obudowy pokazano na rys. 16.8 i 16.13. Na rysunku 16.57 podano schemat elektryczny układu TAA611.

Opis wyprowadzeń

1 – zasilanie;
2 – wyjście wzmacniacza;
3 – nie dołączone;
4 – masa tranzystorów mocy;
5 – masa (podłoże);
6 – wejście wzmacniacza;
7 – sprzężenie zwrotne;
8, *9* – kompensacja;
10 – bootstrap.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	
TAA611A	12 V;
TAA611B	15 V;
TAA611C	22 V;
Moc strat	
TAA611A12, TAA611B, TAA611C	1,35 W;
TAA611A55	0,57 W;
Prąd spoczynkowy	3 mA;
Moc wyjściowa przy zasilaniu 9 V i $R_{obc} = 8\Omega$	0,9 W;
Wzmocnienie napięciowe z otwartą pętlą	68 dB.



Rys. 16.58. Schemat blokowy układu scalonego TBA440

TBA440P i N

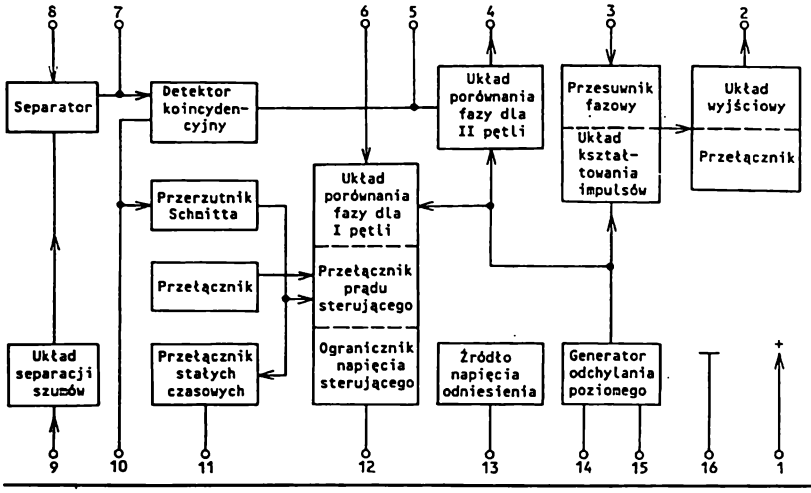
Układ jest przeznaczony do odbiorników telewizyjnych. Zawiera wzmacniacz p.cz. o dużym i regulowanym wzmocnieniu, detektor wizji, układ kluczowanej ARW i układ opóźnionej ARW dla głowicy. Schemat blokowy układu pokazano na rys. 16.58. Układ jest produkowany przez firmę Siemens w dwóch wersjach. Wersja oznaczona literą P ma układ opóźniający ARW przystosowany do głowic z uziemionym minusem zasilania i tranzystorami *pnp*, a układ oznaczony literą N ma układ ARW dla głowicy z uziemionym plusem i tranzystorami *npn*. Obudowę układu pokazano na rys. 16.5.

Opis wyprowadzeń

1, *16* – wejście symetryczne wzmacniacza p.cz.;
2, *15* – sprzężenie zwrotne;
3 – masa;
4 – wyprowadzenie do dołączenia układu *RC* dającego stałą czasową ARW;
5 – wyjście ARW do głowicy;
6 – ustawianie opóźnienia ARW dla głowicy (potencjometr dołączony do masy);
7 – wejście impulsów kluczujących;
8, *9* – wyprowadzenie do dołączenia rezonansowego obwodu referencyjnego dostrojonego do częstotliwości 39 MHz;
10 – wejście ustawiające próg ARW (potencjometr do wyprowadzenia *11*);
11 – wyjście ujemne sygnału wizji;
12 – wyjście dodatnie sygnału wizji;
13 – zasilanie;
14 – wejście ustawiające poziom bieli (potencjometr dołączony do masy).

Dane techniczne

Napięcie zasilania U_{CC}	10,5 ÷ 15 V;
Maksymalne napięcie	
na wyprowadzeniu *5*	20 V;
na wyprowadzeniu *4*	5 V;
na wyprowadzeniu *14*	5 V;
Pobór prądu przy napięciu U_{CC} = 15 V	28 ÷ 52 mA;
Napięcie stałe na wyprowadzeniu *11*	
przy $R_{14} = \infty$	4,1 ÷ 6,1 V;
przy $R_{14} = 0$	6,6 ÷ ÷ 10,2 V;
Napięcie stałe na wyprowadzeniu *12*	
przy $R_{14} = \infty$	0,5 ÷ 1,8 V;
przy $R_{14} = 0$	1,2 ÷ 3,5 V;
Prąd opóźnionej ARW	11 ÷ 27 mA;
Napięcie ARW	
dla maksymalnego wzmocnienia	0 ÷ 0,5 V;
dla minimalnego wzmocnienia	2,5 ÷ 5 V;
Zakres ARW	52 ÷ 58 dB;
Napięcie impulsów kluczujących (wyprowadzenie *7*)	2 ÷ 3 V.



Rys. 16.59. Schemat blokowy układu scalonego TBA920

TBA920

Jest to układ synchronizacji i odchylania poziomego do odbiorników telewizyjnych. Zawiera:
- separator impulsów synchronizacji;
- generator odchylania poziomego;
- układ porównania fazy;
- układ przełączania stałych czasowych pętli;
- układ wyjściowy do sterowania stopnia mocy odchylania.

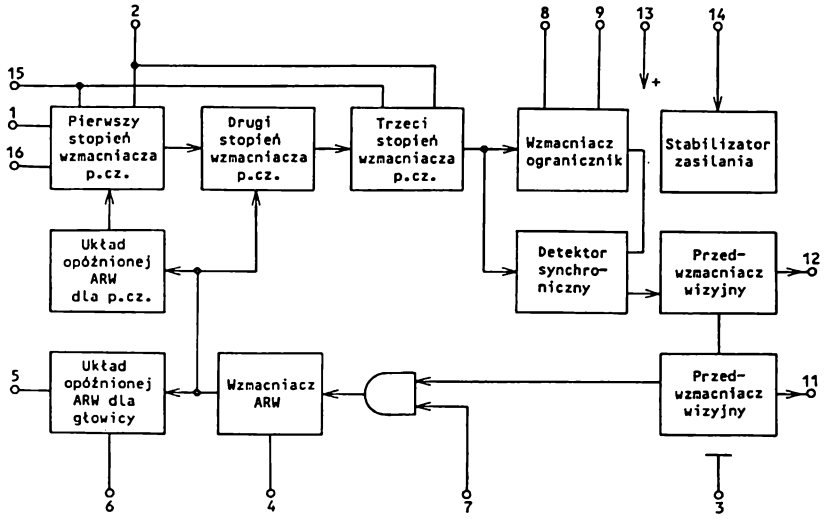
Układ zamknięty jest w szesnastonóżkowej plastykowej obudowie typu CE71 (rys. 16.5), dwu- lub czterorzędowej (układ TBA921Q). Na rysunku 16.59 podano schemat blokowy układu.

Opis wyprowadzeń

1 – zasilanie;
2 – wyjście do układu odchylającego;
3 – wejście przesuwnika fazy (wejście napięcia stałego z układu porównania fazy);
4 – wyjście napięcia stałego z układu porównania fazy;
5 – wejście impulsów powrotu linii;
6 – wejście impulsów synchronizacji do układu porównania fazy;
7 – wejście impulsów synchronizacji z separatora;
8 – wejście sygnału wizyjnego;
9 – wejście zakłóceń;
10 – wejście przełączające stałą czasową pętli;
11 – miejsce dołączenia układu stałej czasowej;
12 – wejście napięcia sterującego generator odchylania;
13 – wyprowadzenie do zablokowania źródła napięcia odniesienia;
14 – miejsce dołączenia kondensatora określającego częstotliwość generatora odchylania;
15 – miejsce dołączenia rezystorów określających częstotliwość generatora odchylania i zakres trzymania synchronizacji;
16 – masa.

Dane techniczne

Wartość międzyszczytowa sygnału wizji (wyprowadzenia *8* ÷ *16*)	1 ÷ 7 V;
Maksymalny prąd wejściowy bramki szumów (wyprowadzenie *9*)	30 μA;
Wartość szczytowa wejściowego napięcia powrotu (wyprowadzenie *5*)	±1 V;
Wartość międzyszczytowa wyjściowego sygnału sterującego (wyprowadzenie *2*)	10 V;
Wartość szczytowa sygnału synchronizacji na wyprowadzeniu *7*	10 V;
Napięcie zasilania (wyprowadzenie *1*)	4 ÷ 13,2 V;
Prąd zasilania przy odłączonym wyprowadzeniu *2*	36 mA;
Moc wydzielana	600 mW;
Napięcie na wyprowadzeniu *3*	0 ÷ 13,2 V;
Napięcie na wyprowadzeniu *8*	12 V;
Napięcie na wyprowadzeniu *10*	–0,5 ÷ 5 V;
Częstotliwość generatora odchylania	15,625 kHz;
Napięcie sterujące na wyprowadzeniu *12*	0,8 ÷ 5,5 V.



Rys. 16.60. Schemat blokowy układu scalonego TDA440

TDA440

Układ jest przeznaczony do zastosowania w torze pośredniej częstotliwości odbiorników telewizyjnych czarno-białych i kolorowych. Układ spełnia następujące funkcje:
- wzmocnienie sygnału telewizyjnego o częstotliwości pośredniej;
- detekcja wizji;
- wydzielenie częstotliwości różnicowej fonii;
- wstępne wzmocnienie sygnału wizji;
- dostarczenie sygnału ARW i ARcz. dla głowicy.

Układ ma obudowę plastykową CE71, dwurzędową z szesnastoma wyprowadzeniami (rys. 16.5). Jest produkowany przez firmę SGS ATES i AEG Telefunken. Na rysunku 16.60 pokazano schemat blokowy układu.

Opis wyprowadzeń

1, *16* – wejście symetryczne wzmacniacza p.cz.;
2, *15* – wyprowadzenia przeznaczone do zablokowania kondensatorami do masy (pętla sprzężenia zwrotnego dla składowej stałej);
3 – masa;
4 – miejsce dołączenia układu *RC* stanowiącego stałą czasową ARW;
5 – miejsce sygnału ARW do głowicy;
6 – miejsce dołączenia potencjometru regulującego opóźnienie ARW dla głowicy;
7 – wejście impulsów kluczujących;
8, *9* – wyprowadzenia do dołączenia obwodu rezonansowego nastrojonego na częstotliwość 38 MHz (obwodu referencyjnego);
10 – miejsce dołączenia potencjometru regulującego poziom bieli;
11 – wyjście ujemne sygnału wizyjnego;
12 – wyjście dodatnie sygnału wizyjnego (do toru fonii);
13 – zasilanie;
14 – zasilanie wewnętrznego stabilizatora 6 V.

Dane techniczne

Napięcie zasilania (wyprowadzenie *13*)	10 ÷ 15 V;
Maksymalny prąd wewnętrznego stabilizatora (wyprowadzenie *14*)	50 mA;
Maksymalne napięcie na wyprowadzeniu *4*	3,2 V;
Moc tracona	750 mW;
Prąd zasilania (wyprowadzenie *13*)	15 ÷ 25 mA;
Napięcie zasilania stabilizatora (wyprowadzenie *14*)	5,5 ÷ 6,4 V;
Napięcie wyjściowe (składowa stała) na wyprowadzeniach *11* i *12*	5,5 ÷ 5,6 V;
Napięcie wyjściowe na wyprowadzeniu *11* w funkcji rezystancji na wyprowadzeniu *10*	
$R_{10} = 0$	6,5 V;
$R_{10} = \infty$	4,8 V;
Poziom czerni (wyprowadzenie *11*)	1,75 ÷ 2,2 V;
Napięcie międzyszczytowe impulsów kluczujących (wyprowadzenie *7*)	1,5 ÷ 5 V;
Zakres regulacji wzmocnienia p.cz.	50 ÷ 56 dB;
Szerokość pasma przenoszenia	8 ÷ 10 MHz;
Czułość przy napięciu zmiennym na wyprowadzeniu *11* $U_{11} = 3{,}3$ V	100 ÷ ÷ 220 μV;
Poziom napięcia o częstotliwości 38,9 MHz na wyjściu	30 mV;
Poziom napięcia o częstotliwości różnicowej foni (wyprowadzenie *12*)	30 mV;
Impedancja wejściowa	1,4 kΩ.

16.4 Uszkodzenia

Pierwszym krokiem przy szukaniu uszkodzeń jest pomiar napięć na wyprowadzeniach układu scalonego. Jeśli zostaną stwierdzone jakieś nieprawidłowości należy sprawdzić wszystkie elementy zewnętrze, które mogą być za nie odpowiedzialne. Jeśli dysponujemy oscyloskopem należy zbadać przebiegi zmienne na wyprowadzeniach układu i sprawdzić elementy odpowiedzialne za ewentualne nieprawidłowości. Przy sprawdzeniu układu można odłączać elementy zewnętrzne od badanych wyprowadzeń lub zastępować je innymi pod warunkiem, że nie wpłynie to na zasadę pracy układu scalonego i nie spowoduje jego zniszczenia. Nie należy więc odłączać sprzężeń zwrotnych oraz zasilań. Można odłączać wejścia do sprawdzenia sprawności źródła sygnału zmiennego i stopnie następujące za układem scalonym do sprawdzenia prawidłowości działania układu nieobciążonego, jednak również pod warunkiem, że nie spowoduje to zmiany punktu pracy układu lub jego zniszczenia.

Napięcia i sygnały zmienne należy sprawdzać bezpośrednio na wyprowadzeniach układu scalonego po stronie elementów, a nie po stronie druku, mimo że jest to czasem niewygodne. Wadliwe działanie układu może bowiem polegać na złym lutowaniu wyprowadzeń. Przy sprawdzaniu napięć i sygnałów na wyprowadzeniach układu scalonego należy uważać, by nie zewrzeć ze sobą sąsiednich wyprowadzeń, bo może to spowodować zniszczenie układu.

Jeśli jesteśmy przekonani, że układ scalony jest uszkodzony, trzeba go wylutować z płytki. Można tego dokonać za pomocą nasadki na lutownicę, pozwalającej grzać wszystkie punkty lutowania jednocześnie. Jest to najlepszy sposób, nie powoduje zniszczenia płytki drukowanej i samego układu scalonego (może się bowiem okazać, że układ scalony był dobry). Jeśli nie mamy odpowiedniej nasadki, najlepiej jest usunąć cynę za pomocą lutownicy ze wszystkich punktów lutowniczych układu scalonego, a następnie układ wyjąć nie wyginając wyprowadzeń. Cynę z punktów lutowniczych można zdjąć grotem lutownicy używając kalafonii, jednak jest to sposób dość żmudny i może doprowadzić do zniszczenia ścieżki płytki drukowanej (każdy z punktów lutowniczych grzeje się wielokrotnie). Najlepiej jest użyć odsysacza cyny lub kawałka ekranu z przewodu ekranowego w charakterze bibuły. Ekran pleciony wykonany z cienkich czystych drucików należy spłaszczyć na wstążkę i nasączyć kalafonią. Tak przygotowany ekran dociska się grotem lutownicy do punktu, z którego trzeba zdjąć cynę. Roztopiona cyna wsiąka w ekran.

Gdy mamy całkowitą pewność, że układ scalony jest uszkodzony można bocznymi szczypcami do cięcia drutu odciąć wyprowadzenia układu, a następnie wylutować każde z wyprowadzeń osobno.

Jeśli układ scalony jest umieszczony w podstawce trzeba go wyjmować ostrożnie, podważając z obydwu końców tak, by wszystkie jego wyprowadzenia wychodziły jednocześnie. Uniknie się w ten sposób ich połamania lub pogięcia (czasem nóżka pogięta może się złamać przy prostowaniu).

Wymontowanego układu scalonego najczęściej nie można sprawdzić tak, jak sprawdza się np. tranzystory, diody czy rezystory, ze względu na jego skomplikowaną strukturę. Pomiary układu scalonego omomierzem nie zawsze dają jednoznaczny wynik, dlatego aby upewnić się, że układ scalony był zły należy zastąpić go dobrym i sprawdzić jego pracę. Trzeba pamiętać, że układ scalony, którego część, nawet nie wykorzystywana w układzie elektronicznym, jest uszkodzona, nie może być traktowany jako dobry. Wszystkie części układu scalonego są wykonane w jednym krysztale krzemu i istnieją między nimi oddziaływania.

Wszelkich operacji lutowania, wkładania i wyjmowania układów scalonych i elementów do nich dołączonych należy dokonywać zawsze przy wyłączonym napięciu zasilania.

17

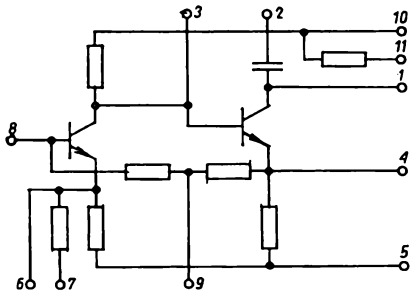
Układy hybrydowe

Układy hybrydowe są układami scalonymi wykonanymi inną technologią niż układy monolityczne. Elementy bierne, takie jak rezystory i kondensatory wykonywane są przez nakładanie na podłoże izolacyjne warstw przewodzących, rezystywnych i izolacyjnych. Warstwy te tworzą rezystory, okładki kondensatorów, warstwy dielektryka, połączenia między elementami oraz kontakty do dołączenia elementów czynnych i wyprowadzeń układu. Elementami czynnymi do układów hybrydowych są tranzystory lub scalone układy monolityczne w specjalnych obudowach o wyprowadzeniach przystosowanych do dołączenia do warstw przewodzących. Układy hybrydowe wykonuje się w technologii cienkowarstwowej lub grubowarstwowej. W technologii cienkowarstwowej warstwy nakładane są przez naparowywanie próżniowe, a w technologii grubowarstwowej warstwy nanosi się metodą sitodruku.

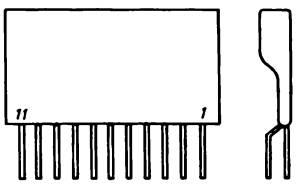
Układy hybrydowe nie mogą być tak skomplikowane jak układy scalone monolityczne, jednak uzyskuje się w nich większą dokładność wykonania. Niektóre układy hybrydowe stosuje się z tego względu w urządzeniach wysokiej jakości.

Uwagi dotyczące postępowania w przypadku uszkodzeń układów, zawarte w p. 16.4 dotyczą również układów hybrydowych i nie będą w tym rozdziale ponownie omawiane.

Poniżej przedstawiono układy hybrydowe stosowane w sprzęcie powszechnego użytku [33]. Wszystkie omawiane układy są wzmacniaczami mocy m.cz., z wyjątkiem układu GML002, który jest wzmacniaczem napięciowym m.cz.



Rys. 17.1. Schemat układu hybrydowego GML002 [33]



Rys. 17.2. Obudowa układu hybrydowego GML002 [33]

GML002

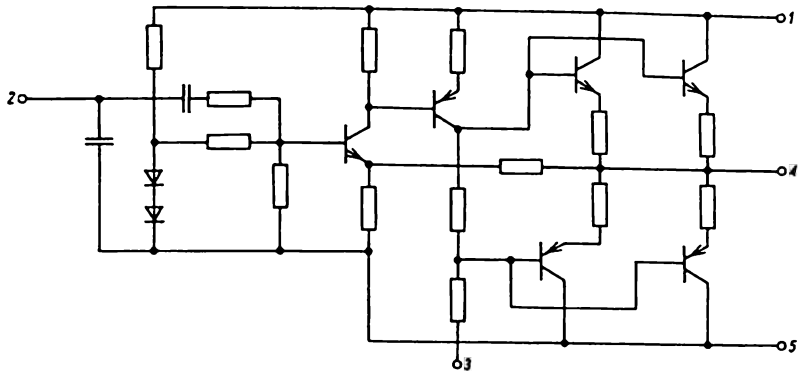
Wzmacniacz jest zrealizowany w technologii grubowarstwowej. Przeznaczony jest do urządzeń elektroakustycznych powszechnego użytku.
Na rysunku 17.1 pokazano jego schemat elektryczny, a na rys. 17.2 jego wygląd.

Opis wyprowadzeń

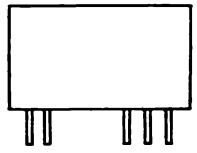
1 – wyjście wzmacniacza;
2 – wyjście sprzężenia zwrotnego;
3 – wejście sprzężenia zwrotnego;
4 – wyjście do regulacji sprzężenia zwrotnego;
5 – masa;
6 – wyjście sprzężenia zwrotnego;
7 – wejście sprzężenia zwrotnego;
8 – wejście wzmacniacza;
9 – pętla sprzężenia zwrotnego;
10 – zasilanie;
11 – rezystor.

Dane techniczne

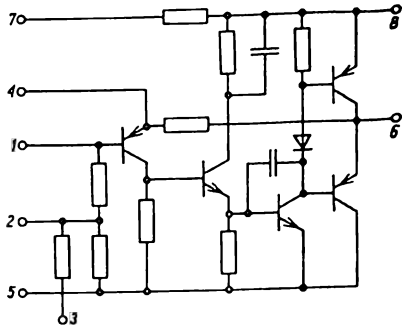
Zakres napięć zasilających	+4,5 ÷ 15 V;
Pobór prądu	2 ÷ 2,8 mA;
Wzmocnienie napięciowe	40 dB;
Rezystancja wejściowa	15 kΩ;
Rezystancja wyjściowa	15 kΩ.



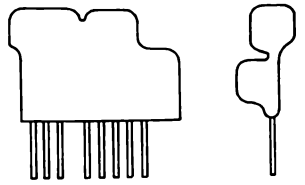
Rys. 17.3. Schemat układu hybrydowego GML005 [33]



Rys. 17.4. Obudowa układu hybrydowego GML005 [33]



Rys. 17.5. Schemat układu hybrydowego GML006 [33]



Rys. 17.6. Obudowa układu hybrydowego GML006 [33]

GML005

Układ wykonany jest techniką grubowarstwową i przeznaczony do sprzętu powszechnego użytku. Schemat elektryczny wzmacniacza pokazano na rys. 17.3, a obudowę na rys. 17.4.

Opis wyprowadzeń

1 – zasilanie;
2 – wejście wzmacniacza;
3 – wejście sprzężenia zwrotnego;
4 – wyjście wzmacniacza;
5 – masa.

Dane techniczne

Napięcie zasilania	18 ÷ 24 V;
Spoczynkowy prąd zasilania	20 mA;
Moc wyjściowa przy zasilaniu 22 V i współczynniku zniekształceń $h = 10\%$ na obciążeniu $R_l = 8\ \Omega$	2 W;
Czułość	50 mV;
Rezystancja wejściowa	10 kΩ.

GML006

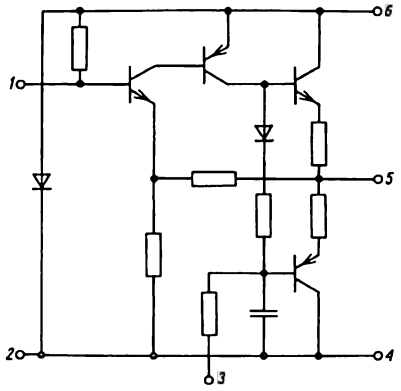
Schemat elektryczny układu pokazano na rys. 17.5, a obudowę na rys. 17.6.

Opis wyprowadzeń

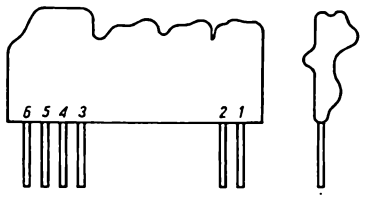
1 – wejście wzmacniacza;
2, 3 – wejście sprzężenia zwrotnego;
4 – wyjście sprzężenia zwrotnego;
5 – masa;
6 – wyjście wzmacniacza;
7 – zasilanie dla stopnia wstępnego;
8 – zasilanie.

Dane techniczne

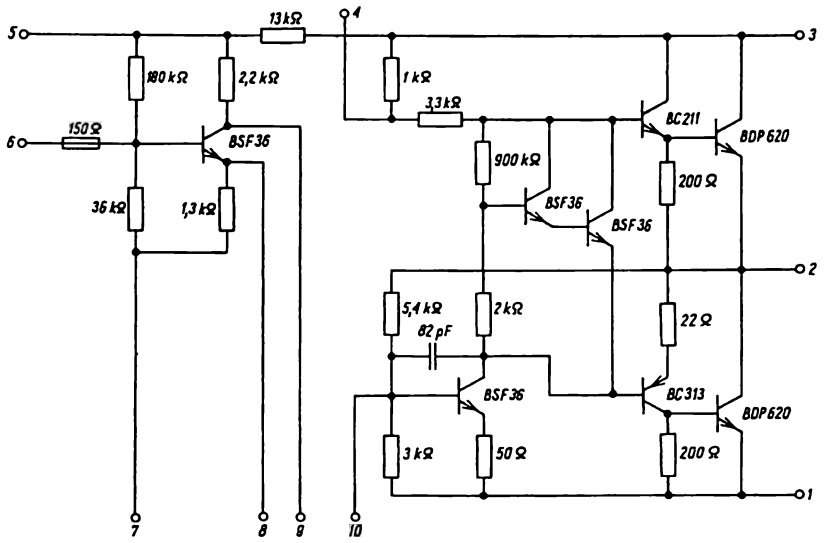
Maksymalne napięcie zasilania	+34 V;
Prąd spoczynkowy przy zasilaniu +30 V	50 mA;
Maksymalna moc wyjściowa	5 W;
Czułość	180 mV;
Rezystancja wejściowa	≥ 85 kΩ.



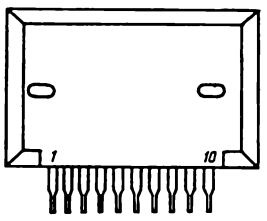
Rys. 17.7. Schemat układu hybrydowego GML007 [33]



Rys. 17.8. Obudowa układów hybrydowych GML007 i GML008 [33]



Rys. 17.9. Schemat układu hybrydowego GML024 [33]



Rys. 17.10. Obudowa układów hybrydowych GML024 i GML025 [33]

GML007

Układ przeznaczony do sprzętu elektroakustycznego powszechnego użytku i jest wykonany technologią grubowarstwową. Na rysunku 17.7 pokazano jego schemat elektryczny, a na rys. 17.8 obudowę.

Opis wyprowadzeń

1 – wejście;
2, *4* – masa;
3 – wejście sprzężenia zwrotnego;
5 – wyjście;
6 – zasilanie.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	–34 V;
Prąd spoczynkowy przy zasilaniu –24 V	25 mA;
Moc wyjściowa	1,5 W
Wzmocnienie napięciowe	ok. 30 dB;
Rezystancja wejściowa	1 kΩ.

GML008

Wzmacniacz ma układ elektryczny, obudowę i parametry takie same jak GML007. Różnica jest w zasilaniu: GML008 zasilany jest napięciem dodatnim.

GML024

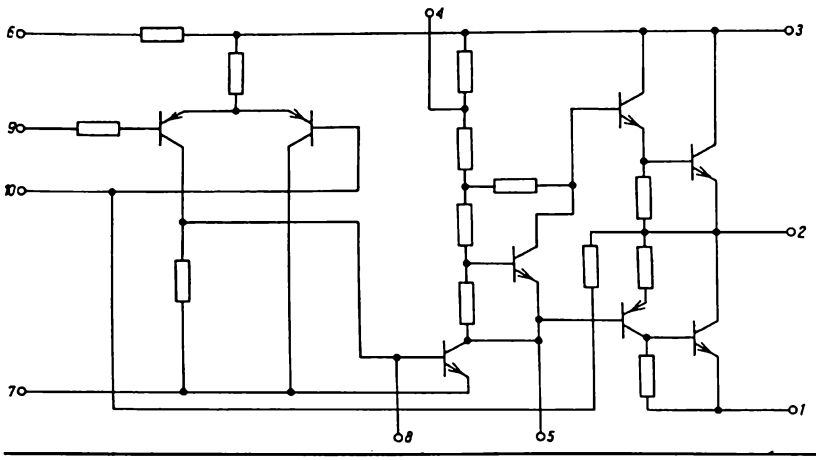
Wzmacniacz GML024 jest przeznaczony do sprzętu HI-FI. Wykonany jest technologią grubowarstwową. Na rysunku 17.9 pokazano jego schemat elektryczny, a na rys. 17.10 obudowę. Zagranicznym odpowiednikiem układu GML024 jest układ STK015 firmy Sanyo.

Opis wyprowadzeń

1 – masa;
2 – wyjście;
3 – zasilanie;
4 – bootstrap;
5 – zasilanie stopnia wstępnego (do zablokowania kondensatorem);
6 – wejście stopnia wstępnego;
7 – punkt do dołączenia masy lub sprzężenia zwrotnego do stopnia wstępnego;
8 – wejście ujemnego sprzężenia zwrotnego;
9 – wyjście stopnia wstępnego;
10 – wejście wzmacniacza mocy.

Dane techniczne

Maksymalne napięcie zasilania	+38 V;
Prąd spoczynkowy przy zasilaniu +32 V	50 mA;
Maksymalna moc wyjściowa	13 W;
Wzmocnienie napięciowe	33 dB;
Współczynnik zniekształceń przy mocy wyjściowej $P_o = 0{,}1$ W	0,5%;
Rezystancja wejściowa	40 kΩ.



Rys. 17.11. Schemat układu hybrydowego GML025 [33]

GML025

Układ jest wykonany technologią grubowarstwową i przeznaczony jest do zastosowania w stopniach końcowych sprzętu elektroakustycznego HI-FI. Na rysunku 17.11 pokazano jego schemat elektryczny, a na rys. 17.10 obudowę.

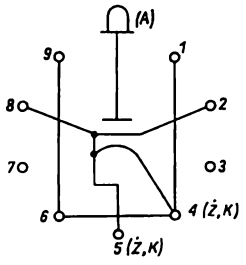
Opis wyprowadzeń

1 – masa stopnia końcowego;
2 – wyjście wzmacniacza;
3 – zasilanie;
4 – bootstrap;
5 – wyjście pętli sprzężenia zwrotnego;
6 – zasilanie stopnia wstępnego;
7 – masa stopnia wstępnego;
8 – wejście pętli sprzężenia zwrotnego;
9 – wejście wzmacniacza;
10 – pętla ujemnego sprzężenia zwrotnego (wejście odwracające stopnia wstępnego).

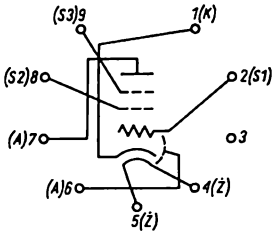
Dane techniczne

Napięcie zasilania	+20 ÷ +43 V;
Prąd spoczynkowy przy zasilaniu 32 V	10 ÷ 35 mA;
Moc wyjściowa dla zasilania 32 V, obciążenia 4 Ω i współczynnika zniekształceń nieliniowych 0,5%	22 W;
Czułość	250 mV;
Rezystancja wejściowa	40 kΩ.

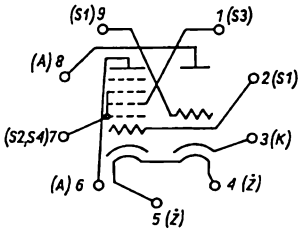
18
Lampy elektronowe



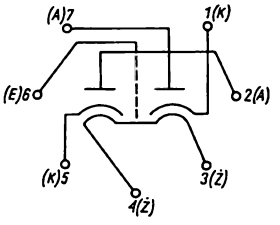
Rys. 18.1. Cokół lampy DY86 [25]



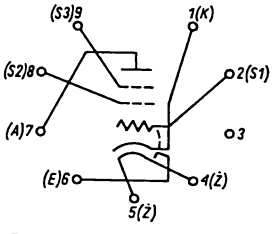
Rys. 18.4. Cokół lampy EF183 [25]



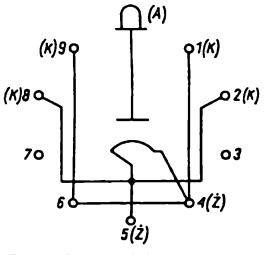
Rys. 18.2. Cokół lampy ECH84 [25]



Rys. 18.5. Cokół lampy EAA91 [25]



Rys. 18.3. Cokół lampy EF80 [25]



Rys. 18.6. Cokół lampy EY86 [25]

18.1 Parametry

Lampy elektronowe wychodzą obecnie z użytku, jednak spotyka się je jeszcze w niektórych typach odbiorników telewizyjnych w układach, dla których kiedyś brakowało przyrządów półprzewodnikowych o odpowiednich parametrach. Układami takimi są przede wszystkim układy odchylania i wysokiego napięcia.

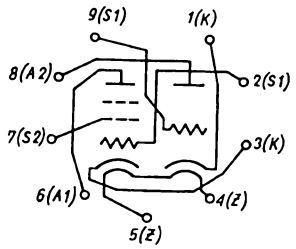
Lampę charakteryzuje się przez podanie typowego punktu pracy, jej parametrów granicznych i jej właściwości, takich jak wzmocnienie, nachylenie charakterystyki, rezystancja dynamiczna itp. W przypadku napraw interesuje nas, czy lampa jest dobra czy uszkodzona, a nie jej parametry. Jest tak z kilku względów. Po pierwsze w warunkach domowych nie ma możliwości sprawdzenia prawidłowości parametrów lampy bez specjalnych przyrządów, a prawidłowość działania lampy sprawdza się drogą jej wymiany. Po drugie lampy zastępuje się lampami tego samego typu ze względu na brak odpowiedników.

Doświadczony radioamator może zastąpić lampę uszkodzoną lampą innego typu, którą ma w swoich zapasach, lecz wymaga to posłużenia się katalogiem. Dlatego w tabl. 18.1, gdzie zestawiono spotykane jeszcze lampy, podano punkty pracy lamp stosowane w układach, w których pracują. Na rysunkach 18.1 ÷ 18.22 pokazano połączenia elektrod lamp z ich cokołami. Rysunki przedstawiają cokoły lamp widziane od dołu.

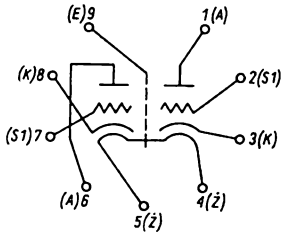
Tablica 18.1 Lampy elektronowe [11][1]

Typ	Rodzaj	Zastosowanie	U_{a1} (U_{a2}) [V]	U_{s11} (U_{s12}) [V]	U_{s21} (U_{s22}) [V]	I_{a1} (I_{a2}) [mA]	I_{s21} (I_{s22}) [mA]	U_z [V]	$U_ż$ [mA]
DY86	kenotron	prostownik WN	22000[2]	–	–	0,8[4]	–	1,4	530
			18000[3]	–	–	–	–	–	–
ECH84	trioda-heptoda	selektor	120	–2	–	7,3	–	6,3	300
			(15)	(–0,15)	(10)	(0,14)	(2,7)	–	–
EF80	pentoda napięciowa	wzmacniacz p.cz.	195	–25	195	–	–	6,3	300
EF183	pentoda napięciowa	wzmacniacz p.cz.	190	–0,3	100	7,7	1,2	6,3	300
EAA91	duodioda	komparator fazy	–30	–	–	–	–	6,3	300
			(0)	–	–	–	–	–	–
EY86	kenotron	prostownik WN	22000[2]	–	–	0,8[4]		6,3	90
			18000[3]	–	–	–	–	–	–
PCF801	trioda-pentoda	generator i mieszacz w.cz.	60	0	–	14	–	8,5	300
			(170)	(0)	(100)	(60)	(3)		
PCF802	trioda-pentoda	generator odchylania poziomego	200	–2	–	35	–	8,5	300
			(100)	(–1)	(155)	(6)	(1,7)		
PCF82	trioda-pentoda	generator odchylania poziomego	210	–8	–	–		9,0	300
			(160)	(–20)	(130)	(1,5)			
PCL805	trioda-pentoda	generator i wzmacniacz odchylania pionowego	70	–	–	0,3	–	17,5	300
			(215)	(–20)	(230)	(42)	–	–	–
PCL86	trioda-pentoda	wzmacniacz m.cz.	140	–1,3	–	0,7	–	8	300
			(230)	(–5)	(240)	(38)	–	–	–
PFL200	pentoda-pentoda	wzmacniacz końcowy wizji	–10÷–30	–17	200	–	–	17	300
		klucz i wzmacniacz ARW	(115)	(–5)	(200)	(30)[5]	–	–	–
PCC88	podwójna trioda	wzmacniacz w.cz.	90	–10÷–30	–	13	–	7	300
			(180)	(–5)	–	(18)	–	–	–
PL500 i PL504	pentody mocy	wzmacniacz odchylania poziomego	–	–50÷–70	190	–	4	27	300
PY88	dioda WN	dioda usprawniająca	230	–	–	550[6]	–	30	300
6D22S	dioda WN	dioda usprawniająca	6000[2]	–	–	1000[6]	–	6,3	1900
GP-5	trioda WN	stabilizator WN	25000	–12	–	2[7]	–	6,3	210
6ŻS2P	pentoda mocy	wzmacniacz końcowy luminancji	230	–1,5	170	22,5	12,5	6,3	330
			–						
6F1P	trioda-pentoda	generator odchylania poziomego	125	–2	–	13	–	6,3	410
			(160)	(–26)	(125)	–	–	–	–
6F12P	trioda-pentoda	wzmacniacz chrominancji	185	–1,5	–	6,8	–	6,3	360
			(170)	(–13)	(170)	(10)	(1,2)	–	–
6P14P	pentoda mocy	wzmacniacz m.cz.	230	–6	230	30	5	6,3	760
6P42S	pentoda-mocy	wzmacniacz odchylania poziomego	5000	–	170	700[6]	120[6]	6,3	2100
3C22S	kenotron	prostownik WN	36000[2]	–	–	2[3]	–	3,15	400
			30000[3]	–	–	–	–	–	–

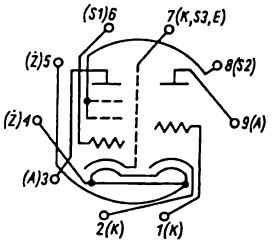
[1] Przy opracowaniu tablicy korzystano również z danych zawartych w schematach odbiorników telewizyjnych Beryl 102 i Rubin 707;
[2] Maksymalne napięcie wsteczne w impulsie;
[3] Maksymalne napięcie wyprostowane;
[4] Maksymalny prąd wyprostowany;
[5] Prąd katody;
[6] Prąd w impulsie;
[7] Prąd maksymalny.



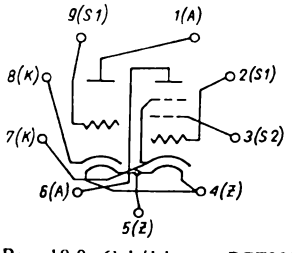
Rys. 18.7. Cokół lampy PCF901 [25]



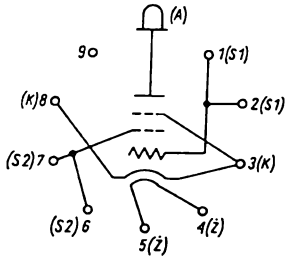
Rys. 18.12. Cokół lampy PCC88 [25]



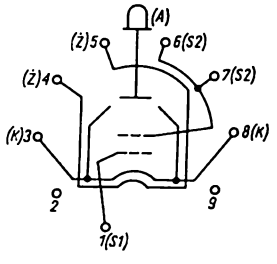
Rys. 18.17. Cokół lampy 6F12F



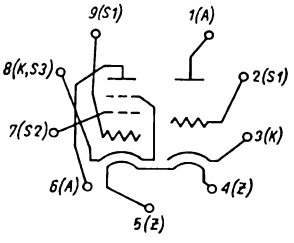
Rys. 18.8. Cokół lampy PCF802 i PCF82 [25]



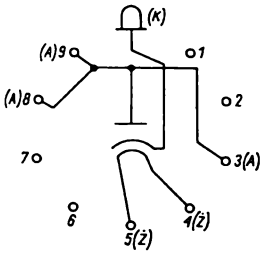
Rys. 18.13. Cokół lampy PL500, PL504 [25]



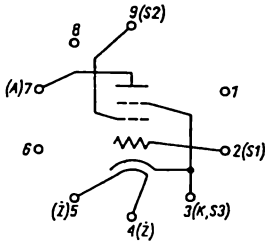
Rys. 18.18. Cokół lampy 6P42S



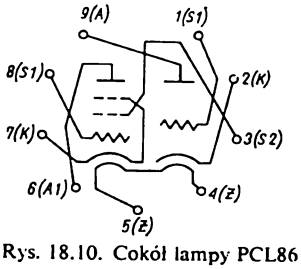
Rys. 18.9. Cokół lampy PCL805 [25]



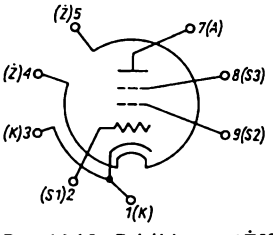
Rys. 18.14. Cokół lampy PY88 [25]



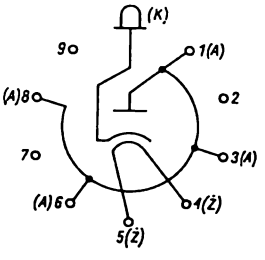
Rys. 18.19. Cokół lampy 6P14P



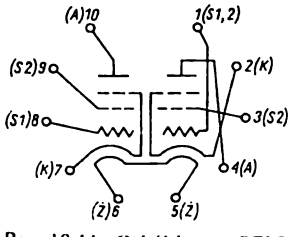
Rys. 18.10. Cokół lampy PCL86 [25]



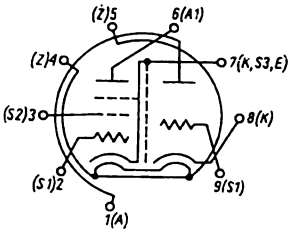
Rys. 18.15. Cokół lampy 6Ż52P



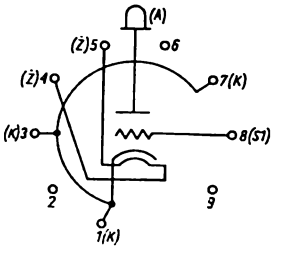
Rys. 18.20. Cokół lampy 6D22S



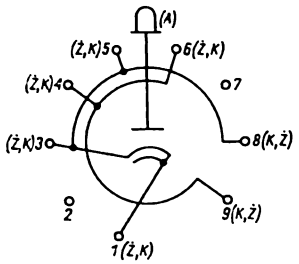
Rys. 18.11. Cokół lampy PFL200 [25]



Rys. 18.16. Cokół lampy 6F1P



Rys. 18.21. Cokół lampy GP5



Rys. 18.22. Cokół lampy 3C22S

Napięcie na siatce sterującej S_1 jest mierzone względem katody. W przypadku lamp dwusystemowych (np. trioda-pentoda) pierwszy system jest wymieniony jako pierwszy w rubryce opisującej rodzaj lampy. Zgodnie z tym, symbole parametrów lampy mają następujące znaczenie:

U_{a_1} – napięcie anodowe pierwszego systemu;
U_{a_2} – napięcie anodowe drugiego systemu;
$U_{s_{11}}$ – napięcie siatki pierwszej pierwszego systemu;
$U_{s_{12}}$ – napięcie siatki pierwszej drugiego systemu;
$U_{s_{21}}$ – napięcie siatki drugiej pierwszego systemu;
$U_{s_{22}}$ – napięcie siatki drugiej drugiego systemu.

Podobnie jest dla prądów.
Jeśli lampa zawiera jeden system elektrod, jej parametry mają oznaczenia takie jak parametry pierwszego systemu lampy wielosystemowej.

18.2 Uszkodzenia

Lampy elektronowe są elementami urządzeń elektronicznych najczęściej ulegającymi uszkodzeniom. Mają one ograniczoną żywotność ze względu na starzenie się katody i utratę przez nią zdolności emitowania elektronów. Czasem (wbrew pozorom dość rzadko) występuje przepalenie grzejnika katody. Często występuje w lampach zwarcie między poszczególnymi elektrodami lub przerwy między elektrodami lampy a ich wyprowadzeniami, będące najczęściej wadami fabrycznymi. Występują również takie uszkodzenia jak pęknięcie szklanej bańki i złamanie nóżki. Te ostatnie są wynikiem nieodpowiedniego obchodzenia się z lampami.
W urządzeniu zawierającym lampy pierwszym krokiem przy naprawie jest sprawdzenie tych lamp, które mogą być odpowiedzialne za dane uszkodzenie. Najpierw należy sprawdzić czy lampy żarzą się, jeśli nie, należy sprawdzić bezpieczniki, a następnie – jeśli bezpieczniki są dobre – poszukać przepalonej lampy. Można jej szukać woltomierzem, szukając lampy, na której grzejniku występuje pełne napięcie zasilania lub omomierzem przy wyłączonym napięciu zasilania, badając rezystancję szeregowego połączenia grzejników, dołączywszy jeden biegun omomierza do jednego końca tego połączenia, a drugi biegun do kolejnych lamp. Przy połączeniu równoległym grzejników lamp, lampą przepaloną jest ta, która się nie świeci. Jeśli wszystkie lampy się żarzą należy sprawdzić ich punkty pracy (napięcia na elektrodach). Wadliwy punkt pracy może wynikać albo z uszkodzenia lampy, albo któregoś z elementów zewnętrznych. Jeśli po wymianie znowu pojawią się nieprawidłowe napięcia na elektrodach należy podejrzewać, że jest uszkodzony któryś z elementów zewnętrznych. Jak jednak wykazuje doświadczenie autora, wniosek ten nie zawsze jest prawdziwy, ponieważ zdarza się, że nowa lampa ma to samo uszkodzenie. Dla pewności trzeba więc rozporządzać co najmniej dwiema lampami zastępczymi.
Dla upewnienia się, czy lampa jest uszkodzona można sprawdzić, czy nie ma zwarć między jej elektrodami.

Przerw w wewnętrznych doprowadzeniach lampy nie stwierdzi się omomierzem; trzeba tego dokonać miliamperomierzem przecinając doprowadzenie do podstawki i włączają miliamperomierz szeregowo. Można czasem przerwę zobaczyć przez szkło bańki posługując się lupą, jednak nie zawsze jest to możliwe ze względu na konstrukcję lampy lub pokrycie szkła od zewnątrz lustrzaną warstwą pochodzącą od pochłaniacza gazów, tzw. gettera.

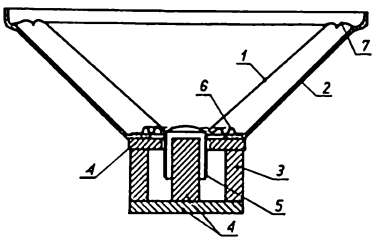
Zwarcie można spróbować usunąć przepalając je. Ładuje się w tym celu kondensator o dużej pojemności (np. 200 μF) do napięcia ok. 310 V z sieci, przez diodę prostowniczą, połączoną szeregowo z rezystorem ograniczającym prąd ładowania do wielkości dopuszczalnej dla diody. Jeden biegun kondensatora dołącza się do jednej ze zwartych elektrod lampy, a drugi do drugiej. Należy najpierw dołączyć przewody do nóżek lampy, a potem do kondensatora, by nie stapiać nóżek i zabezpieczyć lampę przed stłuczeniem. W wyniku takiego wyładowania zwarte elektrody stopią się miejscowo i zwarcie może zostać usunięte. W powyższy sposób nie można usuwać zwarcia grzejnika z katodą, ponieważ grzejnik na pewno ulegnie zniszczeniu.
Jeśli zwarcie występuje po rozgrzaniu lampy, należy ją rozgrzać w układzie do momentu wystąpienia objawów uszkodzenia, a następnie wyjąć i szybko przepalić zwarcie.
Czasami zwarcie nie powoduje trwałego zaniku prawidłowego działania układu, lecz trzaski i szumy. Dla stwierdzenia, która z lamp jest odpowiedzialna za te objawy trzeba lampy opukać przedmiotem gumowym lub drewnianym tak, by nie stłuc bańki i nie wprawić w drgania innych lamp mocowanych na tej samej płytce. W razie wystąpienia trwałego zwarcia układ należy natychmiast wyłączyć. Zwarcie może bowiem spowodować uszkodzenie innych elementów dołączonych do lampy.
Wady konstrukcyjne lampy mogą powodować zjawisko tzw. *mikrofonowania* polegające na wytworzeniu sygnału elektrycznego w wyniku drgań elektrod. W torach akustycznych mikrofonowanie objawia się dźwiękiem podobnym do gongu, a w torach wizji – pasami na ekranie.
Przyczyną efektów podobnych do uszkodzenia lampy bywa również zły styk jej cokołu z podstawką lub złe lutowanie podstawki do płyty drukowanej. Styk poprawia się czyszcząc nóżki lampy, np. żyletką, doginając sprężyny podstawki i poprawiając lutowanie podstawki. Przy doginaniu kontaktów podstawki należy uważać by ich nie połamać. Są one bowiem często wykonane z dość grubej lecz kruchej srebrzonej blachy mosiężnej.
Jeśli jesteśmy pewni, że przyczyną niesprawności układu jest uszkodzenie lampy należy wymienić ją na nową tego samego typu. Zastosowanie lampy innego typu wiąże się z przebudową układu i jest dość kłopotliwe. Na rynku bywają lampy identycznych typów produkowane przez RFT (NRD), TUNGSRAM (Węgry), Polam (Polska) i Teslę (CSRS) (kolejność wymienionych firm odpowiada mniej więcej jakości lamp) oraz lampy radzieckie nie mające najczęściej odpowiedników.
Przy wkładaniu nowej lampy w podstawkę należy uważać, by nie wygiąć jej nóżek. Zgięta nóżka może przy prostowaniu złamać się lub spowodować pęknięcie bańki i utratę próżni. **Wymiany lamp należy dokonywać przy wyłączonym zasilaniu układu, a ponadto, przy wymianie lamp prostowniczych wysokiego napięcia, należy odłączyć kabel wysokiego napięcia od kineskopu.**

V

PRZETWORNIKI ELEKTRO-AKUSTYCZNE

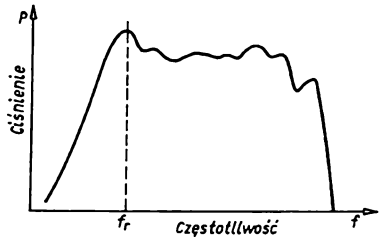
19

Głośniki i słuchawki



Rys. 19.1. Budowa głośnika dynamicznego

1 – membrana, *2* – kosz, *3* – magnes, *4* – nabiegunniki, *5* – cewka, *6* – resor centrujący, *7* – resor membrany



Rys. 19.2. Charakterystyka częstotliwościowa głośnika

19.1 Budowa

W sprzęcie powszechnego użytku stosuje się głośniki dynamiczne z ruchomą cewką. Budowę takiego głośnika pokazano na rys. 19.1. W koszu *2* jest umieszczona membrana papierowa *1* okolona resorem *7*, pozwalającym na jej ruch osiowy. Do membrany jest przyklejona cewka *5* poruszająca się między nabiegunnikami *4* magnesu pierścieniowego *3*. Resor *6* utrzymuje cewkę w środku nabiegunników i zapobiega ocieraniu o nie. Końce uzwojenia cewki wyprowadzone są do łączówek znajdujących się na koszu. Przepływający przez cewkę prąd o częstotliwości akustycznej powoduje jej wciąganie lub wypychanie, dzięki czemu porusza ona membraną.

Na rysunku 19.2 pokazano charakterystykę częstotliwościową głośnika. Częstotliwość f_r jest częstotliwością własnego rezonansu mechanicznego głośnika i dla tej częstotliwości głośnik ma najwyższą skuteczność. Częstotliwość ta wynosi kilkadziesiąt Hz i jest zależna od wymiarów membrany i konstrukcji głośnika. Poniżej częstotliwości f_r charakterystyka wykazuje spadek ze względu na małe wymiary membrany. Powyżej częstotliwości f_r charakterystyka ma w miarę płaski przebieg dopóki nie wystąpi zjawisko *dzielenia membrany* objawiające się tym, że efektywnie drga tylko część wewnętrzna membrany i to tym mniejsza, im większa jest częstotliwość. Membrana wykazuje w tym zakresie pewne rezonanse powodujące zafalowania charakterystyki. Poza tym ze zwiększeniem częstotliwości rośnie impedancja głośnika, ze względu na jej indukcyjny charakter, co powoduje dodatkowe zmniejszenie mocy odtwarzanej przez głośnik. W zależności od zakresu odtwarzanych częstotliwości głośniki dzieli się na:

– **niskotonowe,** przeznaczone do odtwarzania częstotliwości od ok. 30 ÷ 50 Hz do 3 ÷ ÷ 5 kHz. Można je podzielić na głośniki zwykłe, mające duże membrany i głośniki typu *compact* przeznaczone do zamkniętych obudów. Te ostatnie mają membrany o małej średnicy rzędu kilkunastu centymetrów, lecz o dużym skoku dzięki miękkiemu zawieszeniu;

– **średniotonowe,** przeznaczone do odtwarzania częstotliwości od ok. 150 Hz do 9 ÷ 10 kHz;

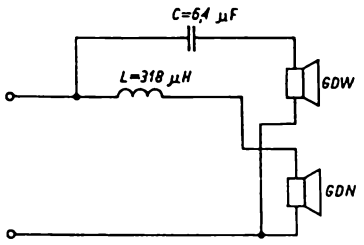
– **wysokotonowe** (tzw. tweetery), przeznaczone do odtwarzania częstotliwości do ok. 20 kHz. Mają one małą dość sztywną membranę, często w kształcie wypukłej czaszy;

– **standardowe,** używane jako wewnętrzne głośniki radioodbiorników, telewizorów, magnetofonów itp. Szerokość przenoszonego przez nie pasma częstotliwości jest zależna od rozmiarów membrany. Najmniejsze głośniki przenoszą częstotliwości od ok. 300 Hz do ok. 6 kHz, a większe od ok. 70 Hz do 7 kHz. Nie są to głośniki wysokiej jakości, dlatego są stosowane w sprzęcie popularnym, a w sprzęcie HI-FI pełnią często rolę głośników kontrolnych;

– **szerokopasmowe,** przenoszące częstotliwości od ok. 70 Hz do ok. 18 kHz. Są to głośniki, których górną częstotliwość graniczną podwyższono przez wklejenie w środek membrany dodatkowej membrany w kształcie lejka, odtwarzającej wyższe częstotliwości, których nie jest w stanie przenieść główna membrana. Są zamykane w obudowach i stosowane jako głośniki zewnętrzne do sprzętu średniej jakości.

Głośniki nisko-, średnio- i wysokotonowe są przeznaczone do pracy w zestawach, gdzie każdy głośnik odtwarza część pasma akustycznego, natomiast głośniki szerokopasmowe i standardowe stosuje się pojedynczo. Głośniki standardowe i niektóre szerokopasmowe mają na ogół kształt owalny, natomiast głośniki specjalizowane są okrągłe.

Głośniki specjalizowane łączy się w zestawy, co pozwala uzyskać równomierną charakterystykę odtwarzania w szerokim zakresie



Rys. 19.3. Schemat zestawu głośnikowego dwudrożnego o impedancji 15 Ω z filtrem rozgałęźnym o częstotliwości podziału 5 kHz (przykład)

częstotliwości. Sygnały o różnych częstotliwościach kierowane są do właściwych głośników przez tzw. *filtr rozgałęźny* dzielący pasmo odtwarzane na podzakresy odpowiadające możliwościom poszczególnych głośników. Przykładowy układ zestawu głośnikowego składającego się z dwóch głośników: nieskotonowego i wysokotonowego z filtrem rozgałęźnym pokazano na rys. 19.3.

W układzie tym, dla częstotliwości 5 kHz każdy z głośników odtwarza połowę mocy. Zestaw głośnikowy jest zamknięty w szczelnej obudowie, dobrze izolującej fale akustyczne użyteczne, wytwarzane przez przednią stronę membrany, od fal wytwarzanych przez tylną jej część. Fale wytwarzane przez tylną część membrany kompensują bowiem fale użyteczne, zmniejszając efektywność głośnika i wprowadzają zniekształcenia przez interferencje. Izolacja ta i dobre wytłumienie wnętrza obudowy powoduje, że zestaw ma lepszą charakterystykę częstotliwościową niż wynikałoby to z właściwości poszczególnych głośników. Ponadto ciśnienie wytwarzane wewnątrz obudowy powoduje, że membrana pracuje jakby na poduszce powietrznej tłumiącej rezonanse mechaniczne głośnika i zmniejszającej zniekształcenia.

Na podobnej zasadzie co głośniki pracują **słuchawki** przeznaczone do sprzędu HI-FI. Zapewniają one jednak o wiele lepszą jakość odbioru ze względu na dobre sprzężenie membrany z błoną bębenkową ucha, izolację dźwięków przeznaczonych dla jednego ucha od dźwięków przeznaczonych dla drugiego ucha, brak zniekształceń fazowych sygnału spowodowanych jego odbiciami i izolację od hałasu otoczenia.

Tablica 19.1 Dane techniczne głośników [21, 41]

Typ	Impedancja [Ω]	Pasmo przenoszenia [Hz]	Efektywność [dB]	Moc znamionowa [W]	Rozmiary [cm]
GD5/02/1	8	450÷3500	86	0,2	Ø5
GD6/04	8	300÷4000	88	0,4	Ø6,4
GD6/05	4, 8	300÷5000	89	0,5	Ø6,5
GD8/1	4	230÷7000	88	1,0	Ø8
GD10/1, 5	4, 8	170÷7000	89	1,5	10×10
GD10/2	4, 8	170÷7000	91	2	10×10
GD12/5	4	120÷9000	92	5	Ø12,0
GD20/10	8	70÷15000	93	10	Ø20,5
GD30/15	4, 15	50÷8000	96	15	Ø30,7
GD30/30	4	70÷5000	95	30	Ø30,7
GD7–13/1,5	4, 8, 15	210÷8000	86	1,5	7,0×13,0
GD8–12/1,5/1	4, 8, 15, 25	150÷10000	89	1,5	8,0×12,5
GD8–18/1,5/1	4, 8, 15	150÷10000	88	1,5	7,75×17,9
GD14–9/2/3	2, 5	140÷9000	88	2	10×14,8
GD14-9/3	4, 8	140÷9000	88	3	10×14,6
GD10–16/4	4	120÷13000	89	4	10×16
GD10–16/5	4, 8	120÷9000	91	5	10×16
GD13–18/3	8	110÷20000	91	3	13×18
GD13–19/3W/1	4	105÷9000	90	3	12,7×18,9
GDS8/4	4	140÷12500	86	4	Ø7,4
GDS7/4	4	140÷12500	86	4	Ø6,5
GDS10/5	4, 8	120÷12000	89	5	Ø10
GD12/8	4	110÷12000	90	8	Ø12
GDN16/12	4, 8, 15	85÷5000	90	12	Ø15,6
GDN16/15	4, 8, 15	90÷5000	88	15	Ø15,6
GDN20/25/1	4, 8	80÷6000	90	25	Ø20,6
GDN25/40	4, 8	65÷4000	91	40	Ø25
GDN25/40/3	8	37÷4000	91	40	Ø25
GDN30/60	4, 8	52÷3000	93	60	Ø30,7
GDM18/40	8	110÷10000	92	40	Ø17,6
GD12/5/3	4	120÷9000	92	5	Ø12
GDW6,5/1,5/1	8	2000÷16000	90	1,5	Ø6,5
GDW9/15/1	4	20000[1]	90	15	Ø9,2
GDW9/15/2	4	20000[1]	89	15	Ø9,2
GDWK9/40	4	20000[1]	89	40	9×9
GDWK14/40	4	20000[1]	91	40	Ø13,6
GDWT10/40	4	15000[1]	98	40	Ø10,4

[1] Górna częstotliwość.

19.2 Parametry i dane techniczne

Głośniki opisuje się następującymi parametrami:

– **moduł impedancji;** ponieważ impedancja głośnika zależy od częstotliwości, jako parametr jest podawana wartość najmniejszego modułu impedancji dla częstotliwości znajdującej się bezpośrednio powyżej częstotliwości rezonansu własnego głośnika;

– **moc znamionowa,** czyli maksymalna moc elektryczna doprowadzona do głośnika, którą może on przetwarzać w sposób ciągły przy spełnionych określonych wymaganiach dotyczących głównie zniekształceń;

– **skuteczność,** czyli stosunek ciśnienia akustycznego wytworzonego przez głośnik zasilany mocą 1 W mierzonego w odległości 1 m na jego osi do ciśnienia odpowiadającego dolnej granicy słyszalności;

– **wymiary:** średnica w centymetrach w przypadku głośnika okrągłego, natomiast w przypadku głośnika owalnego – jego długość i szerokość.

W tablicach 19.1 i 19.2 podano dane techniczne głośników i zestawów głośnikowych produkcji ZWG Tonsil [41, 42], a w tabl. 19.3 dane techniczne słuchawek produkcji polskiej.

Tablica 19.2 Zestawy głośnikowe [21, 52]

Typ	Moc znam. [W]	Impedancja [Ω]	Częstotliwość podziału [kHz]	Wymiary głośników			Wymiary obudowy [cm]	Pasmo przenoszenia [Hz]
				N [cm]	S [cm]	W [cm]		
ZG200/5A	20	4, 8	6	Ø20	–	Ø30*	29,5×54×23	60÷18000
ZG25C/3A	25	4, 8	6	Ø20	–	Ø30*	35,5×57,5×25	50÷18000
ZG40C/6A	40	4, 8	0,6, 6	Ø25	Ø12	Ø30*	42×64×26	40÷20000
ZG60C/1	60	8	0,3, 7	Ø30	Ø18	Ø30*	44×68×28	30÷20000
ZG30C/11	30	8	3, 5	Ø20	–	Ø30*	29×53,5×22,5	70÷20000
ZG40C	40	8	1, 36	Ø20	Ø12	Ø3*	35×57×25	65÷20000
ZG60C/11	60	8	1,8, 6,5	Ø25	Ø12	Ø3*	42×68×28	50÷20000
ZG80C/11	80	8	0,55, 5	Ø30	Ø18	Ø3*	44×72×32	40÷20000
ZG15C/11	15	8	2,5	Ø16	–	Ø9*	20,5×35,5×15,5	70÷12000
ZG25C/11	25	8	4	Ø20	–	Ø3	24×40×17,5	60÷14000
ZG30C/112	30	8	2,5	Ø20	–	Ø3	26,5×45,5×21,5	60÷18000
ZG30C/114	30	4	4	Ø20	–	Ø3	29×53,3×22,5	50÷18000
ZG5C	5	4, 8	–	–	Ø10	–	14×20×18,5	100÷13000
ZG8C	8	4, 8	–	–	Ø12	–	16×24×22	100÷15000
ZG15C	15	4, 8	5	Ø16	–	Ø9	20×33×20	70÷16000
ZG25C	25	4	5	2×Ø16	–	Ø3*	24,6×45×22,6	40÷20000
ZG10	10	8	–	–	Ø20	–	24×36×18	70÷11000
ZG10/2	10	4	–	–	Ø12	–	24×36×18	70÷12000
ZG10/3	10	8	7	Ø16	–	Ø9	27,6×39,6×14	70÷18000
ZG15C/2	15	15	5	Ø16	–	Ø9	18,8×20×18,6	90÷15000

Uwagi: MN – głośnik niskotonowy; S – głośnik średniotonowy; W – głośnik wysokotonowy; * – średnica membrany głośnika kopułkowego.

Tablica 19.3 Dane techniczne słuchawek [21, 48]

Typ	Impedancja [Ω]	Pasmo przenoszenia [Hz]	Efektywność	Moc maksymalna [mW]	Współczynnik zniekształceń [%]
SN50	400	20÷20000	110 dB/V	250	1
SN55	400	20÷20000	105 dB/V	250	1
SN60	400	16÷20000	110 dB/0,2 mW	400	0,3
SN62	400	20÷18000	100 dB/0,2 mW	100	1
SN62P	400	20÷18000	100 dB/0,2 mW	100	
SN63	400/200	20÷20000	110 dB/V	200	
SN640	600	20÷20000	94 dB/mW	200	1
SN670	2×400	20÷20000	102 dB/mW	250	
SN671	2×400	20÷20000	102 dB/mW	250	
SM73	250	20÷15000	110 dB/V	100	5

19.3 Oznaczenia

Oznaczenie głośnika składa się z liter i cyfr podawanych w następującej kolejności:

– rodzaj głośnika, przy czym GD oznacza głośnik dynamiczny, a następujące dalej litery oznaczają jego pasmo przenoszenia:

S – głośnik szerokopasmowy;
W – głośnik wysokotonowy;
WK – głośnik wysokotonowy kopułkowy (z membraną w kształcie kopuły);
WT – głośnik wysokotonowy tubowy;
N – głośnik niskotonowy;
M – głośnik średniotonowy;
(brak liter oznacza głośnik standardowy lub szerokopasmowy);

– wymiary głośnika w centymetrach; wymiary głośnika owalnego podaje się dwiema liczbami oddzielonymi myślnikiem;
– moc znamionowa w watach (po znaku łamania);
– kolejny numer wykonania (po znaku łamania);
– impedancja w omach (po znaku łamania lub osobno).

Zestawy głośnikowe oznacza się literami ZG, po których występuje liczba oznaczająca moc znamionową i litera. Litera C oznacza zestaw typu *compact*, a litera B zestaw typu *bass-reflex* (z otworem w obudowie). Cyfra na końcu oznaczenia oznacza numer wykonania.

19.4 Uszkodzenia i naprawa

Głośniki ulegają uszkodzeniom elektrycznym, mechanicznym lub zużyciu.

Uszkodzenia elektryczne wynikają z obciążenia głośnika sygnałem o zbyt dużej mocy, co powoduje spalenie cewki, obluzowanie jej zwojów lub wyrzucenie cewki ze szczeliny i wypchnięcie membrany. Próba włożenia cewki z membraną na właściwe miejsce na ogół kończy się uszkodzeniem membrany lub cewki.

Aby wyjąć spaloną cewkę trzeba wyjąć membranę i resor. Przy ich odklejaniu od kosza, nawet jeśli klej usuwa się odpowiednim rozpuszczalnikiem, membrana i resor ulegają zniekształceniu lub podarciu. Nawinięta cewka może być krzywo wklejona i będzie ocierać o magnes. Z tych względów taka naprawa może być wykonywana tylko w koniecznych przypadkach.

Zużycie głośnika polega na zniszczeniu resoru membrany lub połamaniu doprowadzeń elastycznych cewki. Zniszczony resor nie daje się naprawić, ponieważ jego sklejenie powoduje zmniejszenie elastyczności zawieszenia membrany i jej nieosiowe drgania. Elastyczne doprowadzenia od cewki do łączówek można spróbować wymienić na nowe, delikatnie odłączając stare od zacisków lub lutowań na membranie. Często stosowane są tutaj przewody zrobione z nici bawełnianych pokrytych miedzią (takie jak stosowane w kablach słuchawek telefonicznych). Przewody są łączone z końcówkami cewki przez zaciśnięcie blaszką, a miejsca połączeń są zalane lakierem. Próba rozłączenia takiego połączenia może spowodować uszkodzenie membrany.

Nowe przewody wykonane z elastycznej linki trzeba przylutować do końcówek cewki i miejsce lutowania unieruchomić przez zalanie lakierem. Po przylutowaniu do łączówek na koszu, przewody te trzeba ułożyć tak, by w czasie pracy głośnika nie dotykały membrany, ponieważ będą powodowały brzęczenie.

Uszkodzenia mechaniczne głośnika polegają na przedziurawieniu membrany lub odklejeniu i przesunięciu magnesu. Dziurawą membanę, jeśli dziura nie obejmuje resoru, można naprawić przyklejając butaprenem latkę z cienkiego papieru. Odklejenie i przesunięcie magnesu może spowodować uszkodzenie cewki przez jej zaciśnięcie w szczelinie między nabiegunnikami. Magnes jest tak silny, że nie daje się ręcznie ustawić na poprzednim miejscu i powoduje ocieranie cewki o krawędzie nabiegunników. Taki głośnik nie nadaje się do naprawy.

Czasem efekty podobne do uszkodzenia głośnika daje uszkodzony wzmacniacz mocy, dlatego przed wymianą głośnika trzeba się upewnić, czy rzeczywiście jest uszkodzony głośnik. Jeśli głośnik nie pracuje sprawdza się go omomierzem, natomiast jeśli pracuje źle, najlepiej dołączyć zamiast niego inny o podobnych parametrach i sprawdzić jego działanie.

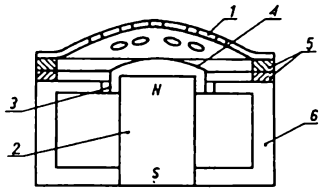
Uszkodzony głośnik należy wymienić na nowy, najlepiej taki sam, szczególnie jeśli pracuje w zestawie. Jeśli jednak musimy zastąpić go innym należy pamiętać, że głośnik zastępczy powinien mieć:

- impedancję taką, by nie spowodował uszkodzenia wzmacniacza;
- wystarczające pasmo przenoszenia;
- wymiary umożliwiające jego zamontowanie;
- odpowiednią moc.

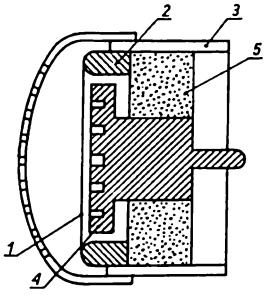
Zbyt mała impedancja może spowodować zbyt wielki pobór mocy ze wzmacniacza i jego uszkodzenie, a zbyt wielka impedancja uniemożliwia uzyskanie odpowiedniej głośności. Impedancja głośnika jest szczególnie ważna w zestawach głośnikowych, ponieważ wpływa nie tylko na wielkość mocy wydzielanej, ale również na jakość dźwięku (od impedancji głośnika zależy częstotliwość podziału filtru rozgałęźnego).

Przy wymianie głośnika w zestawie trzeba zwrócić uwagę również na odpowiednie połączenie końcówek głośnika, aby membrany głośników pracowały w fazie. Końcówki głośnika mają oznaczoną biegunowość przez wybicie na nicie mocującym łączówkę lutowniczą znaku (+) lub zamalowanie lakierem. Jeśli oznaczeń nie ma, można sprawdzić biegunowość dołączając źródło stałego napięcia i obserwując kierunek wychylenia membrany głośnika wymienianego i drugiego głośnika z zestawu lub głośnika z zestawu drugiego kanału. Przy prawidłowo podłączonym głośniku i sygnale monofonicznym oraz odsłuchu z dwóch kolumn dźwięk powinien dochodzić ze środka między kolumnami. Uszkodzonych słuchawek naprawić praktycznie nie można i należy wymienić je na nowe. Do naprawy nadają się jedynie ich przewody doprowadzające i wtyki.

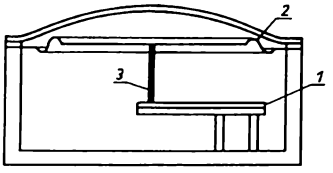
20
Mikrofony



Rys. 20.1. Budowa mikrofonu dynamicznego [34]



Rys. 20.2. Budowa mikrofonu pojemnościowego [34]



Rys. 20.3. Budowa mikrofonu piezoelektrycznego [34]

Mikrofony stosowane w sprzęcie powszechnego użytku w zależności od zasady działania dzieli się na:

- **dynamiczne** (magnetyczne cewkowe);
- **pojemnościowe** (elektrostatyczne);
- **piezoelektryczne** (krystaliczne).

Mikrofon dynamiczny działa na zasadzie wzbudzania siły elektromotorycznej w cewce drgającej w polu magnetycznym magnesu stałego. Budowę takiego mikrofonu pokazano na rys. 20.1.

Do membrany wykonanej z folii z tworzywa sztucznego *4* przymocowana jest cewka *3*. Znajduje się ona w szczelinie między magnesem stałym *2* a nabiegunnikiem *6*. Membrana jest ściśnięta podkładkami *5* i zabezpieczona przed uszkodzeniami mechanicznymi osłoną *1*. Mikrofony dynamiczne są najczęściej spotykanymi mikrofonami do sprzętu elektroakustycznego powszechnego użytku. Ze względu na małą wartość wytwarzanego napięcia wymagają stosowania transformatorów podwyższających, które mogą być umieszczone w mikrofonie, w sznurze połączeniowym lub we wzmacniaczu. Wiele mikrofonów przeznaczonych do współpracy z magnetofonami kasetowymi ma na obudowie wyłącznik do włączania magnetofonu.

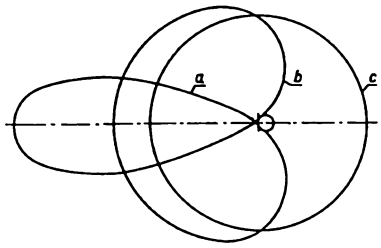
W mikrofonach pojemnościowych (rys. 20.2) wykorzystano zjawisko zmiany napięcia na kondensatorze w momencie zmiany jego pojemności. Prąd wpływający lub wypływający z kondensatora powoduje powstanie napięcia na połączonym szeregowo z kondensatorem (tu – mikrofonem) rezystorze. Pojemność mikrofonu zmienia się drogą zmiany odległości membrany od elektrody nieruchomej. Membrana jest wykonana ze specjalnej folii metalowej. Jest ona napięta na pierścieniu *2* i połączona elektrycznie z obudową *3*. Drugą okładką jest nieruchoma płytka metalowa *4* odizolowana od obudowy izolatorem *5*. Drgania membrany powodują zmianę jej odległości od okładki nieruchomej, a więc zmianę pojemności elektrycznej zbudowanego w ten sposób kondensatora.

Zwykle mikrofony pojemnościowe wymagają dostarczenia ładunku elektrycznego przez dołączenie napięcia (przez rezystor szeregowy). Napięcie to napinając wstępnie membranę powoduje ponadto zmniejszenie zniekształceń.

Odmianą mikrofonu pojemnościowego jest mikrofon elektretowy, którego nie trzeba polaryzować stałym napięciem zewnętrznym, ponieważ membrana zawiera własny ładunek elektryczny. Budowa tego mikrofonu nie różni się zasadniczo od pokazanej na rys. 20.2. Inna jest tylko membrana, wykonana z elektretu, czyli dielektryka zawierającego ładunek elektryczny, i warstwy metalizacji. Ze względu na dużą impedancję mikrofony pojemnościowe mają wbudowane wzmacniacze o dużej rezystancji wejściowej, najczęściej jednostopniowe, z tranzystorem polowym.

Mikrofony piezoelektryczne są rzadko stosowane w sprzęcie elektroakustycznym. Wykorzystana jest w nich właściwość piezoelektryków polegająca na wytwarzaniu na ich powierzchni ładunku elektrycznego pod wpływem naprężeń mechanicznych.

Na rysunku 20.3 pokazano przykładową budowę mikrofonu piezoelektrycznego. W



Rys. 20.4. Charakterystyki kierunkowe mikrofonów: a) wybitnie kierunkowego, b) kierunkowego o charakterystyce kardioidalnej, c) bezkierunkowego [34]

mikrofonie tym zastosowano dwuplytkę (bimorf) *1* poddawaną naprężeniom zginającym. Każda z dwóch płytek jest więc ściskana lub rozciągana w takt ruchu membrany *2* przenoszonego przez łącznik *3*. Mikrofon piezoelektryczny odznacza się dość dużą efektywnością, lecz również dużymi nierównomiernościami charakterystyki.

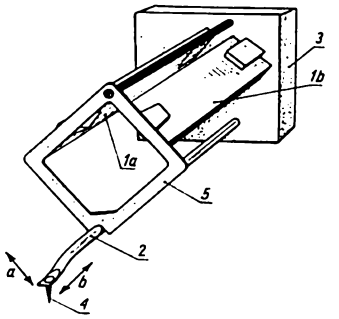
Oprócz wyżej opisanego podziału stosuje się podział mikrofonów ze względu na charakterystykę kierunkową. Pod tym względem mikrofony dzieli się na **mikrofony bezkierunkowe** czyli o charakterystyce dookólnej i **mikrofony kierunkowe**. Wśród tych ostatnich wyróżnia się mikrofony o charakterystyce wybitnie kierunkowej. Charakterystyka kierunkowa mikrofonu (rys. 20.4) zależna jest od jego układu akustycznego i mechanicznego. W tablicy 20.1 podano dane techniczne mikrofonów produkcji polskiej przeznaczonych do sprzętu powszechnego użytku.

Uszkodzonego mikrofonu praktycznie naprawić nie można i należy wymienić go na nowy.

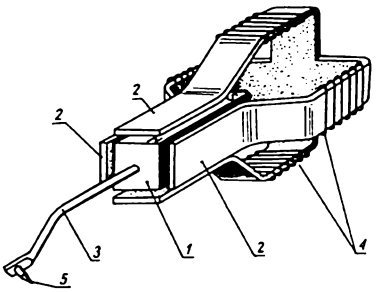
Tablica 20.1 Dane techniczne mikrofonów [40, 41]

Typ	Rodzaj	Charakterystyka	Pasmo częstotliwości przenoszenia [Hz]	Efektywność [mV/N/m^2]	Impedancja [Ω]	Uwagi
MDOIX	dynamiczny		80 ÷ 10000	1,1 1,3	400 26000	z transformatorem dopasowującym
MDO-13		bezkierunkowa	80 ÷ 10000	1,1	200	
MDO-14			80 ÷ 12000	1,1	200	
MDO-21			70 ÷ 15000	2,8	750	
MDO-23			40 ÷ 20000	1,4	200	
MDO-28			50 ÷ 15000	2,8	750	
MDO-36			50 ÷ 15000	2,8	750	
MDO-38			40 ÷ 20000	1,4	200	
MDU-22		kardioidalna	70 ÷ 10000	2,8	750	
MDU-24			70 ÷ 15000	1,7	200	stereofoniczny
MDU-26			50 ÷ 16000	1,7	200	
MDU-27			50 ÷ 15000	2,8	750	
MDU-29			50 ÷ 18000	1,9	200	
MDU-37			70 ÷ 10000	2,8	750	
MCO-30	pojemnościowy	bezkierunkowa	20 ÷ 20000	5,6	500	ze wzmacniaczem, zasilanie, 15–50 V
MCO-33		bezkierunkowa	100 ÷ 10000	4	1000	ze wzmacniaczem, do wbudowania w magnetofon, zasilanie 6–9 V
MCO-52		bezkierunkowa	20 ÷ 2000	5,6	200	ze wzmacniaczem zasilanie 4,2 ÷ 5,7 V
MCU-31		kardioidalna	20 ÷ 20000	7,1	500	ze wzmacniaczem, zasilanie 15 ÷ 50 V
MCU-53		kardioidalna	20 ÷ 2000	7,1	200	ze wzmacniaczem, zasilanie 4,2 ÷ 5,7 V
MCO-55	elektretowy	bezkierunkowa	50 ÷ 8000	5,6	1000	

21
Wkładki gramofonowe



Rys. 21.1. Budowa piezoelektrycznej wkładki gramofonowej stereofonicznej [34]



Rys. 21.2. Budowa magnetycznej wkładki gramofonowej z ruchomym magnesem [34]

21.1 Budowa

Wkładki gramofonowe dzieli się na **piezoelektryczne** i **magnetyczne.**

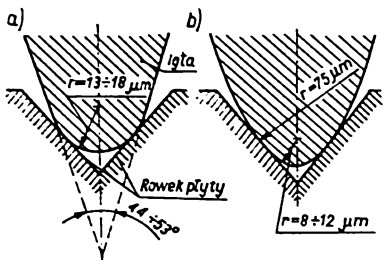
Wkładki piezoelektryczne są zbudowane z płytki z materiału piezoelektrycznego, w którym sygnał elektryczny powstaje na skutek naprężeń mechanicznych spowodowanych ruchem igły gramofonowej. Obecnie stosuje się prawie wyłącznie wkładki **stereofoniczne** zawierające dwie płytki (rys. 21.1). Zapis na płycie odpowiadający jednemu kanałowi powoduje drgania igły *4* w kierunku (*a*), a zapis odpowiadający drugiemu kanałowi powoduje drgania igły w kierunku (*b*). Drgania te przeniesione przez dźwignię *2*, w której jest zamocowana igła i przez jarzmo *5*, powodują zginanie odpowiednio płytki *1a* lub *1b*. Drugie końce płytek są umocowane na stałe w podstawie *3*. Ze względu na to, że sygnały kanałów stereofonicznych są zapisane na zboczach rowka tworzących ze sobą kąt prosty, dla uniknięcia przesłuchu płytki są również ustawione prostopadle do siebie.

Wkładki magnetyczne działają na zasadzie indukowania siły elektromotorycznej w cewce znajdującej się w zmiennym polu magnetycznym. Wkładki mogą być zbudowane w różny sposób. Przykładowe rozwiązanie konstrukcyjne pokazano na rys. 21.2. Drgania igły *5*, za pośrednictwem dźwigni *3*, poruszają magnesem stałym *1* między nabiegunnikami *2*. Powoduje to indukowanie się siły elektromotorycznej w uzwojeniach *4* nawiniętych na tych nabiegunnikach wówczas, gdy ruch magnesu jest prostopadły do osi danej pary nabiegunników.

Wkładki piezoelektryczne w porównaniu z magnetycznymi odznaczają się dużą skutecznością dostarczając sygnału o napięciu rzędu setek miliwoltów (wkładki magnetyczne dają sygnał kilku miliwoltów) proporcjonalnego do wychylenia igły. Mają dużą impedancję o charakterze pojemnościowym, dlatego nie wymagają korekcji charakterystyki częstotliwościowej przy obciążeniu dużą impendancją wzmacniacza (rzędu megaomów). Przy obciążeniu mniejszą impedancją ulegają osłabieniu niskie częstotliwości, dlatego dla wyrównania charakterystyki stosuje się dołączanie równolegle do wkładki kondensatora osłabiającego składowe wysokiej częstotliwości. Wadą wkładek piezoelektrycznych jest ich mała podatność, czyli duża sztywność układu mechanicznego, a co za tym idzie konieczne duże siły nacisku dla prawidłowej pracy igły (ok. 60 mN). Powoduje to szybsze niszczenie igieł i płyt. Poza tym wkładki piezoelektryczne mają charakterystykę częstotliwościową bardzo nierównomierną, wykazującą wiele rezonansów, co powoduje dość nieprzyjemną, metaliczną barwę dźwięku.

Wkładki magnetyczne dostarczają napięcia proporcjonalnego do szybkości ruchu igły, dlatego mają charakterystykę napięciową rosnącą z częstotliwością. Wymaga to stosowania przedwzmacniaczy korekcyjnych o charakterystyce częstotliwościowej malejącej z częstotliwością. Wkładki magnetyczne mają gładką charakterystykę częstotliwościową i małą impedancję, co powoduje zmniejszenie zakłóceń i przydźwięków. Mają dużą podatność, a więc wymagają małej siły nacisku (10÷30 mN), dzięki czemu nie niszczą płyt i igieł.

Igły wkładek gramofonowych wykonuje się ze sztucznego szafiru lub diamentu. Igły diamentowe są około dziesięciokrotnie trwalsze i wytrzymują od kilkuset do kilku tysięcy godzin pracy w zależności od warunków eksploatacji. Najczęściej stosuje się igły w postaci stożka kołowego (rys. 21.3a). Promień wierzchołka dla zapisu standardowego wynosi 51 ÷ 76 μm, dla zapisu monofonicznego drobnorowkowego 13 ÷ 25 μm, a dla zapisu stereofonicznego drobnorowkowego 13 ÷ 18 μm.



Rys. 21.3. Kształty wierzchołka igieł: a) igła z wierzchołkiem kulistym, b) igły Shibata [34]

Dla poprawienia styku igły ze zboczami rowka, zapobieżenia zjawisku unoszenia igły i zniekształceniom śladowym [34] związanym z różnicą ruchu rylca zapisującego i igły czytającej, stosuje się igły o kształcie stożka eliptycznego. Igła jest ustawiona tak, że dłuższa oś elipsy skierowana jest wzdłuż promienia płyty.

Jeszcze lepsze właściwości ma igła Shibaty będąca odmianą igły eliptycznej (rys. 21.3b). Ma ona lepszy styk ze zboczami rowka przy jednocześnie mniejszym ciśnieniu w miejscu styku.

Igły wkładek gramofonowych są wymienialne. W razie zużycia lub uszkodzenia igły wymienia się igłę razem z dźwignią, w której jest zamocowana.

21.2 Oznaczenia i dane techniczne

Wkładki gramofonowe oznacza się kolorami lub symbolami graficznymi:

- kolor zielony lub kwadrat – wkładki do zapisu standardowego 78 obr/min;
- kolor czerwony lub trójkąt – wkładki do zapisu drobnorowkowego monofonicznego 45 i 33 obr/min;
- kolor niebieski lub dwa przecinające się okręgi – wkładki do zapisu drobnorowkowego stereofonicznego 45 i 33 obr/min.

W tablicy 21.1 podano dane techniczne najczęściej spotykanych wkładek gramofonowych.

21.3 Uszkodzenia

Wkładki gramofonowe magnetyczne prawie nigdy nie ulegają uszkodzeniom przy prawidłowej eksploatacji. Czasami w wyniku wady produkcyjnej lub nieostrożnej eksploatacji odrywają się końcówki uzwojeń od wyprowadzeń kołkowych. Praktycznie nie można ich zlutować ze względu na konieczność otwarcia obudowy wkładki (co może doprowadzić do jej zniszczenia), małą średnicę drutu i krótkie wyprowadzenia.

Wkładki piezoelektryczne łatwo jest uszkodzić ze względu na kruchość płytki bimorfu. Może ona pęknąć przy mocnym uderzeniu, mimo że jest dość miękko zawieszona. Poza tym płytki piezoelektryka wykonuje się często z soli Seignette'a, przez co są dość wrażliwe na warunki otoczenia. W temperaturze powyżej +55°C kryształ traci wodę i rozpada się na proszek, poniżej –40°C zamarza i pęka, a przy wilgotności powyższej 84% rozpuszcza się. Nie należy więc wkładek tych nagrzewać (np. na słońcu) ani przechowywać w wilgoci.

Uszkodzenie wkładki adapterowej objawia się brakiem działania lub bardzo silnymi zniekształceniami. Jeżeli sprawdzimy, że wzmacniacz jest dobry (np. przez dotknięcie palcem przewodów przy wkładce), w głośnikach powinien pojawić się przydźwięk; wkładkę trzeba wymienić. Wkładki są mocowane w ramieniu na zaciski lub wkręty, więc wymiana wkładki jest bardzo prosta i nie wymaga specjalnych kwalifikacji. Trzeba tylko wyjąć igłę, jeśli jest sprawna, by jej nie uszkodzić.

Przed wyjmowaniem wkładki trzeba odłączyć od niej przewody. Wyprowadzenia wkładki są oznaczone literami. We wkładkach monofonicznych są dwa wyprowadzenia, a w stereofonicznych trzy lub cztery. Jeśli są trzy, to dwa z nich są wyprowadzeniami kanału lewego i prawego oznaczonymi literami L i R, a trzecie jest wspólną masą. Jeśli są cztery wyprowadzenia, to wyprowadzenia LG i RG są oddzielnymi masami odpowiednio kanału lewego i prawego.

Przewody doprowadzające są oznaczone kolorami:

- kolor biały – kanał lewy;
- kolor niebieski – masa kanału lewego;
- kolor czerwony – kanał prawy;
- kolor zielony – masa prawego kanału;
- kolor czarny – wspólna masa obydwu kanałów, gdy są trzy wyprowadzenia.

Najczęściej trzeba wymieniać igły wkładek. Wkładki starego typu miały igły niewymienne, natomiast współczesne wkładki są przystosowane do wymiany igły razem z jej dźwignią. Stan igły można zbadać oglądając ją w powiększeniu (co najmniej 50 razy) po dokładnym oczyszczeniu z pyłu delikatnym pędzelkiem. Igła nie powinna mieć ani widocznych wyszczerbień, ani spłaszczonego ostrza, ani bocznych zeszlifowań krawędziami rowka. Należy ją oglądać w silnym oświetleniu obracając i obserwując odbicie światła na jej powierzchni.

Przy braku odpowiedniego przyrządu optycznego dającego wystarczająco duże powiększenie, jakość igły można ocenić metodą porównawczą, porównując jakość odtwarzanego dźwięku w przypadku użycia igły badanej i nowej. Igła zużyta lub uszkodzona daje większe zniekształcenia i mniej wysokich tonów.

Tablica 21.1 Wkładki adapterowe stereofoniczne

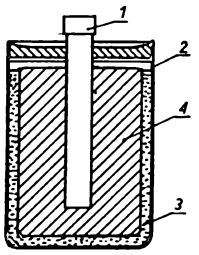
Typ	Zalecany nacisk [mN]	Rodzaj igły	SEM przy 1000 Hz [mV]	Rodzaj wkładki
UF50	60	Szafirowa sferyczna	620	Piezoelektryczna
Mf100	20	Diamentowa sferyczna	9	Magnetyczna
Mf102	20	Diamentowa eliptyczna	3	Magnetyczna
M44MB	30	Szafirowa sferyczna	4	Magnetyczna

IV

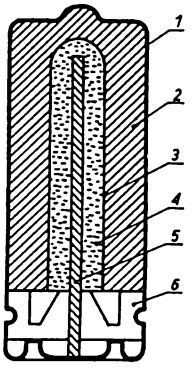
ŹRÓDŁA ZASILANIA

22

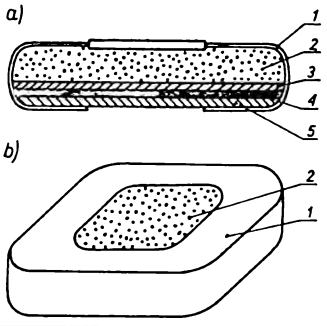
Chemiczne źródła zasilania



Rys. 22.1. Budowa ogniwa manganowo-cynkowego [8]



Rys. 22.2. Budowa ogniwa zasadowego manganowo-cynkowego



Rys. 22.3. Ogniwo płytkowe:
a) przekrój: *1* – osłona plastykowa, *2* – depolaryzator i elektroda dodatnia, *3* – elektrolit, *4* – płytka cynkowa i elektroda ujemna, *5* – warstwa przewodząca; b) widok ogólny [8]

22.1 Budowa

W niniejszym rozdziale zostaną omówione chemiczne źródła prądu do urządzeń przenośnych takich jak radioodbiorniki, magnetofony kasetowe, lampy błyskowe, radiotelefony itp. Źródła chemiczne dzieli się na:

– **źródła pierwotne** (ogniwa), które dostarczają energii elektrycznej w wyniku reakcji chemicznych zużywających ich elementy i składniki chemiczne w sposób nieodwracalny;

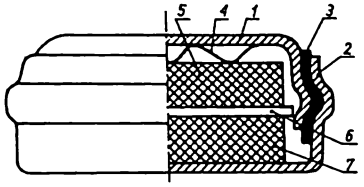
– **źródła wtórne** (akumulatory), które oddają energię dostarczoną im w czasie procesu ładowania.

Najczęściej spotykanym źródłem pierwotnym są **ogniwa kubkowe manganowo-cynkowe**, tzw. suche (rys. 22.1). Ogniwo takie składa się z kubka cynkowego *2*, będącego jednocześnie jego obudową i elektrodą ujemną, elektrody dodatniej *1* w postaci pałeczki węglowej zakończonej kontaktem mosiężnym, włożonej w woreczek z depolaryzatorem *4* oraz elektrolitu *3*. Depolaryzator ma za zadanie wiązanie wodoru wydzielającego się w czasie rozładowania ogniwa i powodującego zmniejszenie siły elektromotorycznej ogniwa.

Wyżej opisaną budowę mają ogniwa R1 ÷ R20; elektrolitem jest wodny roztwór chlorku amonu NH_4Cl z dodatkiem innych soli, zagęszczony mąką, a depolaryzatorem dwutlenek manganu MnO_2 (braunsztyn). Nieco inną budowę mają ogniwa zasadowe manganowo-cynkowe (rys. 22.2). Ogniwo zamknięte jest w obudowie stalowej *1* stanowiącej elektrodę dodatnią. Elektrodą ujemną jest pręcik stalowy *5* włożony do woreczka *3* z opiłkami cynkowymi *4*. Pozostałą przestrzeń wypełnia depolaryzator z grafitem *2*. Elektrolitem, którym jest nasączona zawartość ogniwa jest zasada (KOH). Powyższą budowę mają np. ogniwa LR6. Ogniwa kubkowe czasem łączy się szeregowo w baterie i zamyka w jednej obudowie.

Oprócz ogniw kubkowych istnieją **ogniwa płytkowe** (rys. 22.3). Ogniwa płytkowe nie są stosowane pojedynczo, lecz są składane w baterie przez złożenie kilku ogniw w stos (połączenie szeregowe). Z ogniw płytkowych złożona jest np. dziewięciowoltowa bateria typu 6F22.

Z **wtórnych źródeł zasilania** urządzeń powszechnego użytku stosuje się **akumulatory kadmowo-niklowe** w obudowie plastykowej. Budowę takiego akumulatora pokazano na rys. 22.4. Elektrolitem jest wodorotlenek potasu (KOH) z dodatkiem wodorotlenku litu. Nasycone są nim obie elektrody i separator. Elektrody wykonane są ze sprasowanego proszku zamkniętego w woreczkach z niklowej siatki drucianej.



Rys. 22.4. Budowa pastylkowego akumulatora kadmowo-niklowego
1 – wieczko stalowe, *2* – obudowa stalowa, *3* – izolacja, *4* – sprężyna dociskowa, *5* – elektroda ujemna z kadmu i wodorotlenku kadmu, *6* – separator, *7* – elektroda dodatnia z wodorotlenku niklu i grafitu [8]

Oprócz wyżej opisanych źródeł istnieje jeszcze wiele innych mających specjalistyczne zastosowanie (np. w przyrządach pomiarowych).

22.2 Oznaczenia

Ogniwa suche oznaczane są kodem literowo-cyfrowym składającym się z jednej lub dwóch liter i liczby jedno- lub dwucyfrowej.

Pierwsza litera oznacza rodzaj ogniwa:

A – ogniwo, w którym depolaryzatorem jest tlen z powietrza, a elektrolitem chlorek amonowy;

M – ogniwo rtęciowe, w którym depolaryzatorem jest tlenek rtęciowy, a elektrolitem wodorotlenek potasowy KOH;

L – ogniwo alkaliczne braunsztynowe, w którym depolaryzatorem jest dwutlenek manganu (braunsztyn), a elektrolitem KOH;

S – ogniwo srebrowe, w którym elektrolitem jest KOH.

Brak pierwszej litery oznacza ogniwo, w którym depolaryzatorem jest braunsztyn, a elektrolitem chlorek amonowy.

Druga litera oznacza typ baterii i jej kształt:

R – ogniwo kubkowe walcowe;

F – ogniwo płytkowe prostopadłościenne;

S – ogniwo prostopadłościenne.

Liczba występująca po literach oznacza wielkość ogniwa.

Baterie oznaczane są tak samo z tym, że przed wyżej opisanym oznaczeniem występuje liczba oznaczająca ilość ogniw.

Oprócz tych oznaczeń na ogniwach czy bateriach jest oznaczone napięcie znamionowe i data produkcji.

Akumulatory kadmowo-niklowe pastylkowe produkcji polskiej oznaczone są literami KB i cyframi oznaczającymi wymiary, a także cyframi oznaczającymi napięcie znamionowe i datę produkcji. Akumulatory starszego typu były oznaczane literami KN i liczbą oznaczającą pojemność w A·h.

Tablica 22.1 Parametry ogniw i baterii suchych [49]

Typ	Przeznaczenie	Napięcie znamionowe [V]	Pojemność przy R_o [A·h]	[Ω]	Rodzaj rozładowania
1	2	3	4	5	6
R1	Urządzenia o poborze prądu < 10 mA	1,5	0,35	300	przerywane
R6	Do oświetlenia i radioodbiorników	1,5	0,55	5	przerywane
			1	150	przerywane
R6	Do radioodbiorników	1,5	0,95	150	przerywane
MR6	Do aparatów słuchowych	1,35	2,7	300	przerywane
LR6	Do urządzeń o poborze prądu do 1 A	1,45	1	5	przerywane
MR7	Do aparatów słuchowych	1,35	1	300	przerywane
LR9	Do aparatów fotograficznych, kalkulatorów itp.	1,45	0,14	300	przerywane
			0,05	27	przerywane
R10	Do oświetlenia radioodbiorników i przyrządów pomiarowych	1,5	0,35	5	przerywane
R14	Do oświetlenia i radioodbiorników	1,5	0,9	5	przerywane
			2,0	75	przerywane
R14	Do radioodbiorników o poborze prądu do 15 mA	1,5	2,3	75	przerywane
R14	Do silników i oświetlenia o poborze prądu do 500 mA	1,5	0,9	5	ciągłe
			1,5	5	przerywane
R20	Do oświetlenia i radioodbiorników i poborze prądu do 300 mA	1,5	2,9	5	przerywane
			4,8	40	przerywane
R20	Do magnetofonów i oświetlenia o poborze prądu do 700 mA	1,5	2,2	5	ciągłe
			3,6	5	przerywane
R20	Do radioodbiorników o poborze prądu do 50 mA	1,5	5,8	40	przerywane
R20	Do lamp sygnalizacyjnych oświetlenia i radioodbiorników o poborze prądu do 300 mA	1,5	0,9	5	ciągłe
			4	5	przerywane
			5	40	przerywane
3R12	Do oświetlenia i radioodbiorników o poborze prądu do 300 mA	4,5	1,2	15	przerywane
			1,8	255	przerywane
3R12	Do radioodbiorników o poborze prądu do 50 mA	4,5	2,1	255	przerywane
3R12	Do silników i latarek o poborze prądu do 500 mA	4,5	0,4	9	przerywane
			1,3	1,5	przerywane
6F2Z	Do radioodbiorników o poborze prądu do 10 mA	9	0,25	900	przerywane
			0,24	180	przerywane
6F25C	Do radioodbiorników o poborze prądu do 10 mA	9	0,5	900	przerywane

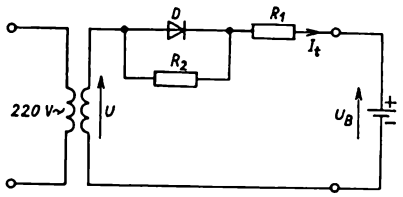
22.3 Parametry

Właściwości chemicznych źródeł zasilania określa się podając:

- **wartość napięcia znamionowego;**
- **czas wyładowania** przy określonym obciążeniu (lub pojemność znamionową);
- **przeznaczenie.**

W tablicy 22.1 zestawiono dane ogniw i baterii suchych, a w tabl. 22.2 – akumulatorów.

Jak widać z tabl. 22.1, prawie każdy rodzaj ogniw i baterii ma różne wykonania różniące się przeznaczeniem i nieco konstruk-



Rys. 22.5. Schemat układu do regeneracji ogniw i baterii

nież ulegają zużyciu, dlatego nie wolno ich pozostawiać w nieużywanym urządzeniu.
Jeśli doszło do wylania elektrolitu, trzeba natychmiast oczyścić zalane części: najpierw wytrzeć je do sucha, potem zmyć pozostałość wodą, a następnie zeskrobać nalot. Oczyszczone części trzeba zabezpieczyć przed korozją przez pocynowanie lub natłuszczenie np. oliwą.
Ogniwa i baterie dobrej jakości, zużyte na tyle, że nie mają perforacji kubka, można w pewnym stopniu regenerować przez ładowanie [31]. Najlepiej jest regenerować ogniwo zaraz po jego użyciu, stosując na przykład układ taki, jak na rys. 22.5. Warunkiem udanej regeneracji jest, by ogniwo nie było rozładowane poniżej 1,3 V, końcowe napięcie ładowania nie przekroczyło 1,7 V, a prąd regeneracji nie przekroczył 1/3 wartości prądu rozładowania danego typu ogniwa. Czas ładowania powinien być 4 do 6 razy dłuższy od czasu rozładowywania. Rezystor R_1 (rys. 22.5) ustala prąd ładowania ogniwa, który wynosi:

$$I_L = \frac{U - U_B}{R_1}$$

gdzie: I_L – prąd ładowania; U – napięcie szczytowe dostarczane przez transformator; U_B – napięcie regenerowanego ogniwa.
Rezystor R_2 ustala prąd rozładowania, który powinien być dziesięciokrotnie mniejszy od prądu ładowania.
Jak wykazały badania, ten sposób regeneracji powoduje, że cynk osadzający się na elektrodzie ujemnej tworzy równą i jednolitą warstwę, zapobiegając powstawaniu dziur w kubku.
Do prawidłowego i długiego działania akumulatorów jest niezbędne przestrzeganie zaleceń fabrycznych dotyczących ich eksploatacji. Nie wolno ich rozładowywać do napięcia niższego niż 1 V na ogniwo; jeśli stosuje się ogniwa połączone szeregowo trzeba zwrócić uwagę na ogniwo najsłabsze, tzn. o najmniejszej pojemności. Przy ładowaniu nie należy przekraczać dopuszczalnego prądu ładowania, by nie spowodować spuchnięcia akumulatora i utraty szczelności. Akumulatory o nieznanym stopniu naładowania należy przed przystąpieniem do ładowania rozładować do napięcia ok. 1 V na ogniwo.
Współczesne akumulatory mają elektrody o odpowiednim składzie chemicznym, zabezpieczające w pewnym stopniu akumulator przed przeładowaniem i przebiegunowaniem przy rozładowaniu, jednak przy nieprawidłowej eksploatacji obniża się żywotność akumulatora, a przy znacznie przekroczonych granicach bezpieczeństwa, akumulator ulega zniszczeniu.
Akumulatory można przechowywać bardzo długo w temperaturze nie wyższej niż 35°C i nie niższej niż 0°C, najlepiej rozładowane. Ujemne temperatury w czasie eksploatacji nie szkodzą akumulatorom kadmowo-niklowym, ale mają one wówczas niższą pojemność. Właściwą pojemność odzyskują po ogrzaniu do temperatury pokojowej. Szkodliwe natomiast są dla nich temperatury powyżej 40°C, które powodują trwałe zmniejszenie pojemności. Trwałe zmniejszenie pojemności może być spowodowane również systematycznym niedoładowaniem.
Teoretycznie akumulator szczelny może pracować bardzo długo (kilka tysięcy cykli), jednak praktycznie akumulatory są w większym lub mniejszym stopniu nieszczelne – elektrolit wysycha i wypełza przez źle zaciśniętą uszczelkę, tworząc na akumulatorze biały nalot. Jeśli nieszczelność jest duża, na akumulatorze powstają kryształy powodujące, po pewnym czasie, utratę kontaktu elektrycznego między akumulatorem a stykami odprowadzającymi prąd.
Z powyższych względów akumulatory należy utrzymywać w czystości usuwając z nich nalot i natłuszczając je wazeliną lub oliwą. Ogniwa wykazujące zanik pojemności lub wzrost rezystancji (co objawia się zwiększonym napięciem na ogniwie w czasie ładowania) trzeba zastąpić nowymi. Wyschnięte ogniwa nie nadają się do użycia, ponieważ są nieszczelne.

Tablica 22.2 Parametry akumulatorów kadmowo-niklowych

Typ	Napięcie znamionowe [V]	Pojemność znamionowa [A·h]	Prąd ładowania [mA]	Czas ładowania [h]	Prąd wyładowania [mA]	Napięcie końcowe rozładowania [V]
KN 0,2	1,2	0,2	20	15	20	1,0
KB- 26/9	1,2	0,225	22,5	15	45	1,0
7D 0,1	8,75	0,1	12,5	15	10	7,0

cją. Ogniwa do oświetlenia mają mniejszą rezystancję wewnętrzną i można z nich pobierać większy prąd, natomiast ogniwa do radioodbiorników są przystosowane do oddawania mniejszego prądu mając przy tym większą pojemność. Istnieją również ogniwa uniwersalne.
Pojemność akumulatorów podana w tabl. 22.1 jest pojemnością pięciogodzinną, tzn. pojemnością, którą wykazuje akumulator przy rozładowaniu do napięcia 1 V na ogniwo przez pięć godzin. Na przykład akumulator ma pojemność 1 A·h, jeśli rozładowanie prądem 0,2 A do napięcia 1 V na ogniwo będzie trwało 5 godzin. Akumulatory kadmowo-niklowe oddają przy rozładowaniu około 70% energii dostarczonej w czasie ładowania.

22.4 Użytkowanie

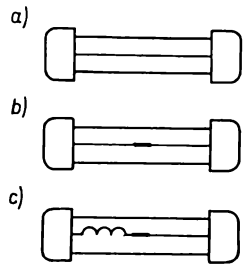
Niewłaściwe użytkowanie źródeł zasilania grozi uszkodzeniem urządzenia zasilanego i samych źródeł. Przede wszystkim nie należy przekraczać dopuszczalnych prądów pobieranych ze źródeł i dopuszczalnej temperatury, bo może to spowodować wypłynięcie żrącego elektrolitu. Elektrolit powoduje korozję części metalowych w sprzęcie zasilanym, takich jak styki pojemnika na baterie, ścieżki płytki drukowanej, przełączniki itp. Elektrolit może wypływać również z ogniw zużytych, wydostając się przez perforacje zużytego kubka cynkowego. Należy pamiętać, że ogniwa nieeksploatowane rów-

VII

ELEMENTY I PODZESPOŁY ELEKTRO-MECHANICZNE

23

Bezpieczniki



Rys. 23.1. Bezpiecznikowe wkładki topikowe: a) szybka (zwykła), b) zwłoczna z kroplą lutowia, c) zwłoczna z grzejnikiem i kroplą lutowia

W sprzęcie elektronicznym powszechnego użytku stosuje się tzw. **bezpieczniki topikowe** (wkładki topikowe) przerywające obwód elektryczny na skutek stopienia drutu [17]. Wkładka topikowa jest rurką szklaną zamkniętą z obydwu stron metalowymi kapturkami. Wewnątrz rurki znajduje się drut łączący kapturki zwany topikiem. Druty wykonuje się z wolframu, srebra lub chromonikieliny.
Bezpieczniki topikowe wykonuje się jako szybkie i zwłoczne.

Bezpieczniki szybkie (rys. 23.1a) wewnątrz wkładki mają tylko drut, który topi się pod wpływem ciepła wydzielanego przez przepływający prąd i spala się w powstałym łuku elektrycznym. Stosuje się je w obwodach sieciowych, gdzie duży prąd występuje tylko w razie awarii, np. po pierwotnej stronie transformatora sieciowego.

Bezpieczniki zwłoczne potrzebują więcej czasu od momentu wystąpienia przeciążenia do momentu wyłączenia prądu. Stosuje się w nich krople lutowia cynowo-ołowiowego naniesione na drut (rys. 23.1b), a czasem dodatkowo, grzejniki (rys. 23.1c). Ciepło dostarczane przez drut lub grzejnik powoduje roztopienie kropli lutowia. Lutowie może mieć różne zastosowanie: może stapiać się z drutem dając wyższą rezystywność i zwiększone wydzielanie ciepła topiącego drut, lub może łączyć dwa sprężyste kawałki drutu, które po roztopieniu lutowia odskakują od siebie przerywając obwód. Niektóre wkładki wypełnione bywają piaskiem kwarcowym, który ma za zadanie szybkie zgaszenie łuku elektrycznego.
Bezpieczniki zwłoczne stosuje się tam, gdzie przy włączeniu urządzenia płynie chwilowo duży prąd (np. przy włączaniu silników elektrycznych, czy ładowaniu kondensatorów elektrolitycznych zasilacza), a następnie prąd ten maleje do wartości ustalonej. Bezpiecznik szybki zastosowany w takim miejscu uległby spaleniu.

Bezpieczniki są opisywane następującymi parametrami:

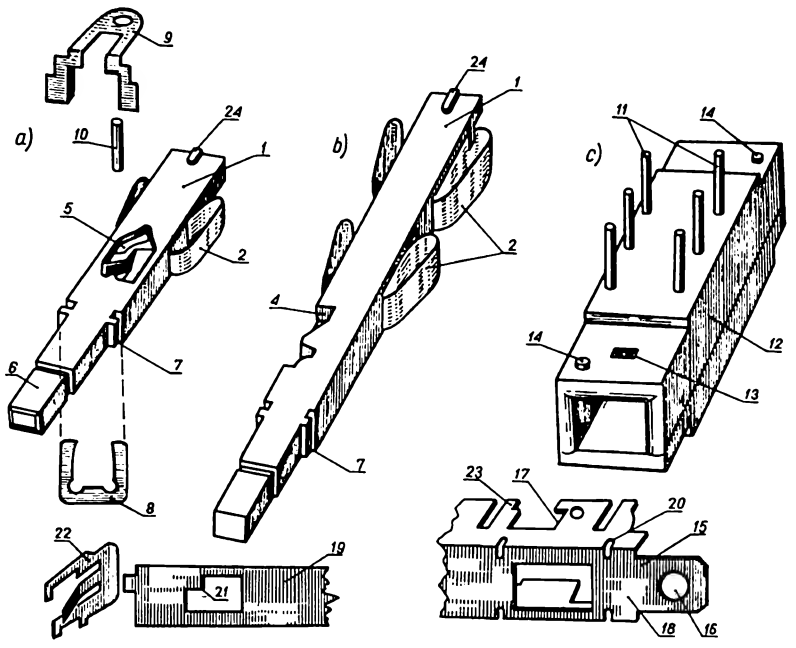
– **prąd znamionowy**, czyli maksymalny prąd, przy którym bezpiecznik nie powinien jeszcze zadziałać;
– **napięcie znamionowe**, czyli maksymalne napięcie, które bezpiecznik może wyłączyć (napięcie wyższe może spowodować niegasnący łuk).

Bezpieczniki są produkowane dla prądów o wartościach znamionowych tworzących szereg:

32 mA, 40 mA, 50 mA, 63 mA, 80 mA, 100 mA, 125 mA, 160 mA, 200 mA, 250 mA, 315 mA, 400 mA, 500 mA, 630 mA, 800 mA, 1 A, 1,25 A, 1,6 A, 2 A, 2,5 A, 3,2 A, 4 A, 5 A, 6,3 A.

Bezpieczników nie należy naprawiać, nawet jeśli da się drut cieńszy, wytrzymujący mniejszy prąd. Najczęściej bowiem nie wiadomo, jaki prąd wytrzymuje zastosowany drut, a poza tym drut ten na pewno ulegnie korozji pod wpływem ciepła wydzielanego przez prąd i ulegnie przepaleniu przy prądzie mniejszym od właściwego. Spalony bezpiecznik należy wymienić na nowy, tego samego typu i o tym samym prądzie znamionowym. **Wymiany należy dokonywać przy wyłączonym z kontaktu przewodzie zasilającym, a włączać urządzenie można dopiero po stwierdzeniu przyczyny przepalenia się bezpiecznika.**

24
Przełączniki



Rys. 24.1. Budowa przełączników typu Isostat: a) przesuwka przełącznika niezależnego jednosegmentowego, b) przesuwka przełącznika zależnego dwusegmentowego, c) korpus przełącznika jednosegmentowego

24.1 Budowa

W sprzęcie powszechnego użytku najczęściej są stosowane przełączniki typu Isostat. Dzieli się je na grupy w zależności od budowy i sposobu pracy.

Pod względem budowy dzielą się na:

– **zwykłe**, przełączane z prędkością wciskania klawisza;

– **błyskawiczne**, przełączane sprężyną napinaną przez wciskany klawisz. Stosowane są do włączania i wyłączania napięć zasilających, gdzie przy powolnym przełączaniu mógłby powstać łuk elektryczny palący styki.

Pod względem sposobu pracy dzielą się na:

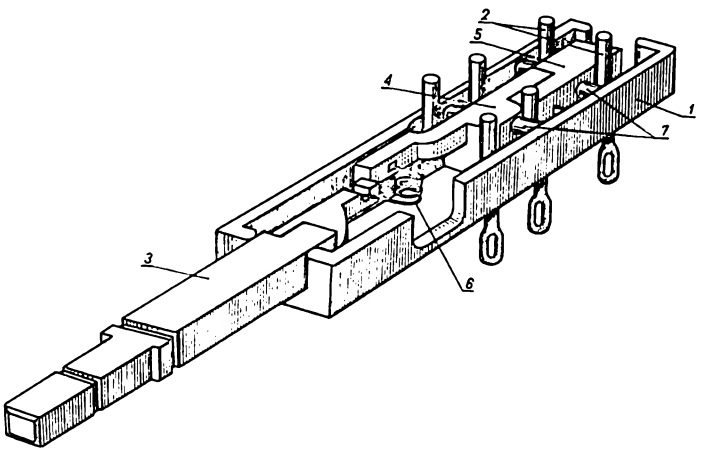
– **dwustabilne**;

– **chwilowe**, o jednym położeniu stabilnym, do którego powracają, jeśli nie są przytrzymywane.

Przełączniki dwustabilne mogą być **niezależne**, tzn. takie, których stan nie zależy od stanu innych przełączników, oraz **współzależne** zwalniane przez wciśnięcie innego przełącznika.

Budowę przełączników pokazano na rys. 24.1. Przełącznik niezależny blokowany jest w położeniu wciśniętym lub wyciśniętym bolcem *10* dociskanym sprężynką *9*, poruszającym się w specjalnie ukształtowanym wgłębieniu *5* przesuwki *1*. Przełącznik zależny jest blokowany ruchomą blaszką *19*, której występ *21* wpada w wycięcie *4* przesuwki. Blaszka ta znajduje się po wewnętrznej stronie szyny mocującej *18* i jest przesuwana sprężynką *22* zamocowaną w jednym z wycięć *20* szyny. Styki *2* zwierają bolce *11* przechodzące na wylot korpusu *12* wykonanego z tworzywa izolacyjnego. Korpus zamocowany jest w szynie *18* przez zazębienie występu *14* w wycięciu *17* i zagięcie do dołu występu *23*. Przesuwka przełącznika jest włożona od tyłu w korpus i zabezpieczona przed wysunięciem do przodu występem *24*. Po zamontowaniu przełącznika w szynie *18*, na przesuwkę jest zakładana sprężyna przytrzymywana zawleczką *8*. Na koniec przesuwki *6* nakleja się klawisz okrągły lub prostokątny.

Budowa przełącznika błyskawicznego jest nieco inna (rys. 24.2). Przesuwka składa się z trzech części *3*, *4* i *5*, przy czym części *4* i *5* są zazębione ze sobą i odpychane od siebie sprężynką. Są one połączone z częścią *3*, poruszaną klawiszem, za pośrednictwem sprężynki *6*, która przy wciskaniu klawisza napina się, a następnie rozpręża, przesuwa-



Rys. 24.2. Budowa przełącznika błyskawicznego typu Isostat (zdjęte wieczko korpusu)

jąc szybko części *4* i *5* w kierunku klawisza. Jeden z bolców *7* zwiera wtedy przeciwległe kontakty pierwszej pary. Przy wyciśnięciu klawisza bolce *7* zwierają przeciwległe kontakty drugiej i trzeciej pary.

Powyższe przykłady budowy służyły tylko do wyjaśnienia zasady działania przełączników, której znajomość jest konieczna przy naprawach. Wersji wykonań przełączników jest bardzo dużo. Różnią się one długością, sposobem mocowania i dodatkowym wyposażeniem, jednak zasada ich działania jest taka sama.

Styki przełączników zwykłych (małej mocy) wytrzymują prąd 80 mA przy napięciu 250 V, 160 mA przy napięciu 120 V i 1,5 A przy napięciu 12 V, natomiast styki przełączników błyskawicznych mogą przełączać prąd 2 A przy napięciu 250 V [50].

24.2 Uszkodzenia i naprawa

Uszkodzenia przełączników bywają następujące:

- urwanie występu (*24* na rys. 24.1) na przesuwce – przesuwka z klawiszem wypada;
- zniszczenie sprężynki dociskającej bolec blokujący *9* – przełącznik nie chce się włączyć lub wyłączyć;
- zniszczenie sprężynki przesuwającej blaszkę blokującą *22* – przełącznik nie pozostaje w położeniu wciśniętym;
- ułamanie występu *14* na korpusie – przełącznik kiwa się na boki;
- przyklejenie blaszki blokującej *19* do szyny *18* – przełączniki współzależne nie pozostają w położeniu wciśniętym;
- zniszczenie lub zabrudzenie styków – przełącznik nie łączy lub trzeszczy;
- zgubienie bolca *10* – przełącznik niezależny nie pozostaje w położeniu wciśniętym;
- złamanie przesuwki z klawiszem;
- spadnięcie klawisza.

Urwanie występu *24* powoduje, że trzeba wymienić przesuwkę lub cały przełącznik. Ułamanie występu *14* i złamanie przesuwki również kwalifikuje przełącznik do wymiany. W pozostałych przypadkach trzeba założyć brakującą część wyjmując ją z innego, uszkodzonego przełącznika.

Wymiana sprężynek *9* i *22* nie wymaga demontażu przełącznika, natomiast przemycie sklejonej z szyną blaszki blokującej, wymiana przesuwki lub styków pociąga za sobą konieczność wymontowania przełącznika z urządzenia.

Żeby rozebrać przełącznik trzeba najpierw zdjąć klawisz. Jest to najtrudniejsza czynność, ponieważ klawisze są czasem mocno przyklejone. Nie należy go ściągać, lecz przechylać kilka razy w różne strony by popękał klej, włożyć koniec noża albo wkrętaka między końcówkę przesuwki a zewnętrzną ściankę klawisza i podważyć. Jeśli i to nie da rezultatu, a nie chcemy uszkodzić przełącznika, można klawisz zniszczyć przecinając go szczypcami do cięcia drutu. Oczywiście trzeba mieć wtedy klawisz zastępczy.

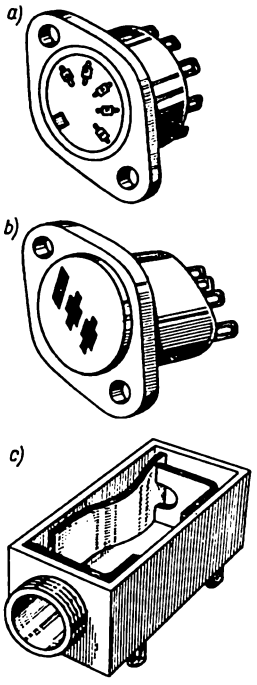
Po zdjęciu klawisza wyjmuje się zawleczkę trzymającą sprężynę, następnie sprężynę, sprężynkę bolca blokującego i bolec (w przełącznikach niezależnych). Potem trzeba wyjąć przełącznik z szyny po odgięciu jej występu (*23* na rys. 24.1). Jeśli przełączniki są umieszczone ciasno jeden obok drugiego, trzeba odgiąć ten występ przy ostatnim przełączniku i szynę przesunąć tak, by występ *14* wyszedł zza zaczepu *17*; w tym przypadku trzeba wyjąć bolce we wszystkich przełącznikach. Po wyjęciu przełącznika trzeba uważać, by przesuwka ze stykami nie wysunęła się do tyłu, bo grozi to pogubieniem i zabrudzeniem styków.

Jeśli trzeba wymontować jeden z przełączników zestawu wlutowanego w płytę drukowaną połączonego szyną mocującą trzeba niestety wylutować cały zestaw. Jeśli jest uszkodzona tylko przesuwka lub styki i jest wystarczająco dużo miejsca za przełącznikiem, można wyjąć przesuwkę z tyłu i tą samą drogą włożyć nową, stopniowo wkładając styki. Styków nie wolno pogiąć ani zabrudzić, bo nie będą dobrze łączyć.

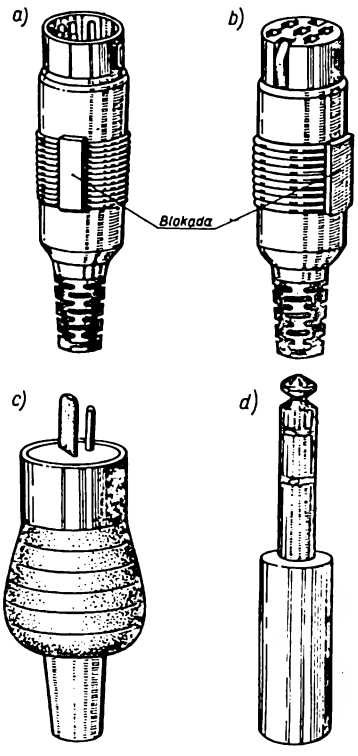
Przełączniki składa się w odwrotnej kolejności, na końcu sklejając klawisz butaprenem.

Trzeszczącego przełącznika czasem nie trzeba rozbierać, a wystarczy kilkadziesiąt razy go przełączyć.

25
Gniazda i wtyki



Rys. 25.1. Gniazda: a) gniazdo stereofoniczne GM-5, b) gniazdo dodatkowego głośnika GDG-2, c) gniazdo współosiowe



Rys. 25.2. Najczęściej spotykane wtyki: a) wtyk typu WM-5, b) wtyk przejściowy do słuchawek, c) wtyk głośnikowy, d) wtyk współosiowy (palcowy) typu „jack"

W sprzęcie elektronicznym powszechnego użytku stosuje się wiele różnych rodzajów gniazd i wtyków służących do łączenia urządzeń za pomocą kabli, przy czym gniazda mocowane są do urządzeń, a wtyki stanowią zakończenia kabli. Na rysunku 25.1 pokazano najczęściej stosowane rodzaje gniazd, a na rys. 25.2 – wtyków. Na rysunku 25.3 przedstawiono stosowane systemy połączeń poszczególnych styków z wejściami i wyjściami sygnałowymi urządzeń.

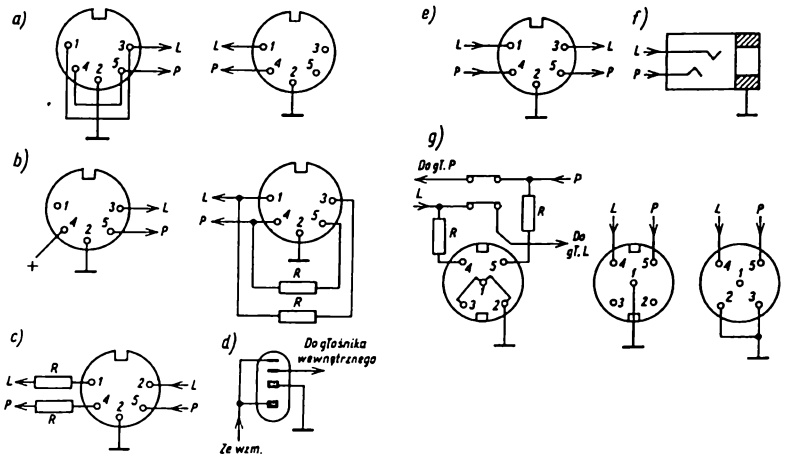
Uszkodzenia gniazd polegają na połamaniu styków lub ich rozgięciu. Gniazdo z uszkodzonymi stykami praktycznie nie nadaje się do naprawy. Połamanych styków nie ma czym zastąpić, natomiast doginane styki wystarczają na krótko, ponieważ mają małą sprężystość.

Gniazda wlutowane w płytkę drukowaną dają się łatwo wymienić, trzeba tylko uważać, by przy lutowaniu nie zniszczyć ścieżek. W celu wymontowania gniazda przynitowanego nitami rurkowymi należy rozwiercić nity odcinając im kołnierze wiertłem. Pełne nity metalowe spiłowuje się pilnikiem, a plastykowe można urwać podważając gniazdo wkrętakiem.

Przed wymontowaniem gniazda trzeba odlutować przewody doprowadzone do końcówek, zaznaczając paskami przylepca gdzie były dołączone. Jeśli mamy schemat urządzenia lub montaż jest przejrzysty, nie jest to konieczne, ale zaoszczędza dużo czasu przy przylutowywaniu przewodów do nowego gniazda. Nowe gniazdo trzeba przykręcić wkrętami odpowiedniej średnicy, ponieważ uderzenia przy nitowaniu mogą uszkodzić naprawiane urządzenie.

Po zamontowaniu gniazda należy dolutować przewody. Gdy gniazdo ma łączówki ułożone w jednym rzędzie (np. gniazdo dodatkowego głośnika), przewód należy przylutować do powierzchni łączówki nie przewlekając go przez otwór. Nie ma wtedy wystających końców, które mogłyby zewrzeć ze sobą sąsiednie łączówki. Na co drugie lutowanie należy założyć koszulkę izolacyjną, dodatkowo zabezpieczającą przed zwarciem. Nie można rozginać łączówek, ponieważ łatwo je złamać.

Jeśli masa układu elektronicznego jest prowadzona osobnym przewodem, to ekran dołącza się do obudowy gniazda, a masę do styku oznaczonego na rysunku symbolem



Rys. 25.3. Sposoby łączenia przewodów do gniazd: a) mikrofonu, b) adaptera, c) radioodbiornika w magnetofonie, d) dodatkowego głośnika, e) magnetofonu w radioodbiorniku, f) typu „jack", g) słuchawkowych

uziemienia: jeśli natomiast ekran jest jednocześnie masą układu elektronicznego dołącza się go do styku oznaczonego symbolem uziemienia.

Najczęściej występującym uszkodzeniem wtyków jest oderwanie przewodu od bolca wewnątrz wtyku. Wtyk trzeba wtedy rozebrać. We wtykach pokazanych na rys. 25.2a i b trzeba wyjąć blokadę w postaci plastykowego zatrzasku, zapobiegającą wysunięciu wtyku z plastykowej osłony. Po zdjęciu osłony i zsunięciu jej na przewód należy rozłożyć połówki blaszanego ekranu i wyjąć przewód z zacisku. Urwany przewód trzeba równo obciąć, odizolować, pocynować i dopiero wtedy przylutować. Przylutowanie nie przygotowanego przewodu jest dość słabe, a ponadto postrzępione końcówki urwanych drucików mogą powodować zwarcia. Najpierw należy lutować ekran po jego prawidłowym ułożeniu, a potem przewody „gorące". Przewody najlepiej wkładać do wewnątrz bolców wtyku, ponieważ wtedy jest najmniejsze prawdopodobieństwo zwarć. Przy składaniu wtyku należy pamiętać o mocnym zaciśnięciu blachy ekranującej na przewodzie dla zabezpieczenia przewodu przed wyrywaniem.

Wtyki głośnikowe rozbiera się przez wykręcenie wkrętu ściskającego jego połówki lub przez wyważenie talerzyka wtyku z plastykowej osłony. Wtyki typu „jack" wykręca się z osłony.

Wykaz używanych skrótów

AM – modulacja amplitudy;
ARcz. – automatyczna regulacja częstotliwości;
ARW – automatyczna regulacja wzmocnienia;
FM – modulacja częstotliwości;
m.cz. – mała częstotliwość;
p.cz. – pośrednia częstotliwość;
w.cz. – wielka częstotliwość;
WN – wysokie napięcie.

Dodatek

Bezpieczeństwo pracy przy naprawie sprzętu elektronicznego

Porażenie elektryczne związane jest zawsze z przepływem prądu przez ciało poszkodowanego, muszą więc istnieć co najmniej dwa punkty styku, między którymi istnieje napięcie. Minimalne natężenie prądu, odczuwalne przez człowieka, wynosi ok. 1 mA.

Prąd o natężeniu do ok. 15 mA nie powoduje ujemnych skutków dla organizmu, prąd o natężeniu większym może uniemożliwić samodzielne uwolnienie się porażonego od źródła napięcia. Prąd o natężeniu 25 mA, przepływający w obwodzie ręka-ręka lub ręka-noga może zatrzymać pracę serca, a jeżeli trwa kilkanaście sekund, to wywołuje niebezpieczne dla życia migotanie komór sercowych.

Prąd większy niż 75 mA jest zwykle śmiertelny. Te orientacyjne dane dotyczą prądu przemiennego; działanie prądu stałego jest nieco słabsze. Skutki porażenia prądem zależą od odporności i stanu fizycznego organizmu. Porażenie jest szczególnie niebezpieczne wówczas, gdy na drodze przepływu prądu znajduje się serce lub ośrodki nerwowe.

Natężenie prądu przepływającego przez ciało, zwanego prądem rażenia, zależy od rezystancji (oporu) między punktami dotyku, a w szczególności od drogi w ciele człowieka, od grubości i wilgotności naskórka. Ponieważ dogodnie jest operować dopuszczalną wartością napięcia, ustalono, że największa jego wartość robocza, bezpieczna w każdych warunkach, wynosi **30 V dla prądu przemiennego oraz 60 V dla prądu stałego. Każde większe napięcie stanowi potencjalne niebezpieczeństwo narażenia zdrowia lub życia ludzkiego.**

Zasadą podstawowej ochrony przed porażeniem jest uniemożliwienie zetknięcia się człowieka w sposób bezpośredni lub za pośrednictwem łuku z przewodzącymi częściami niebezpiecznego obwodu elektrycznego.

Budowę i badanie sprzętu elektrycznego i elektronicznego normują szczegółowe przepisy, których wykaz podano na końcu tego Dodatku. Elektroniczny sprzęt powszechnego użytku należy z reguły do tak zwanej klasy II ochronności przed porażeniem. W urządzeniach tego typu wszystkie, dostępne z zewnątrz części obudowy są oddzielone izolacją podwójną lub wzmocnioną od części wewnętrznych, znajdujących się pod napięciem. Należy zwracać szczególną uwagę na to, aby nie naruszyć tej zasady. Sprzęt przekazywany użytkownikowi po naprawie powinien mieć pełnosprawną izolację obudowy, nie zmienioną w stosunku do konstrukcji przyjętej przez producenta. O bezpieczeństwie użytkowania mogą też decydować poszczególne części urządzenia. Symbol wykrzyknika w trójkącie, umieszczony w opisie serwisowym oznacza, że dany element urządzenia może być zastąpiony tylko elementem wyspecyfikowanym szczegółowo w tej dokumentacji.

W urządzeniach klasy II nie stosuje się dodatkowej ochrony, polegającej na zerowaniu lub uziemianiu metalowych części obudowy. Praktykowane często „uziemianie masy" elektronicznego sprzętu powszechnego użytku ma na celu wyłącznie eliminowanie zakłóceń, jak przydźwięk sieciowy lub trzaski, i nie spełnia wymagań ochrony przed porażeniem. Dzieje się tak dlatego, że wartość rezystancji przewodu uziemiającego łącznie z poziomem bywa przypadkowa, a żyła uziemiająca, nie prowadzona razem z przewodem zasilania sieciowego, może być niezależnie odłączona.

Warunki pracy przy naprawach różnią się zasadniczo od normalnego użytkowania sprzętu, ponieważ nie można uniknąć manipulowania przy urządzeniach pozbawionych obudowy i równocześnie załączonych do sieci zasilania. Zwykłe środki ochrony przed porażeniem, wynikające z podstawowej konstrukcji urządzeń, nie są w tym przypadku wystarczające.

Nie opracowano dotychczas ogólnie obowiązujących przepisów, dotyczących bezpieczeństwa pracy przy naprawach sprzętu elektronicznego. Jeżeli warunki występujące przy naprawach, zakwalifikujemy do „okoliczności zwiększających możliwość porażenia", to zgodnie z „Przepisami budowy urządzeń elektroenergetycznych" (patrz wykaz literatury) jest zalecone użycie środków ochrony dodatkowej. W warunkach napraw nadają się do zastosowania: transformator separacyjny o przekładni 1:1 i dwóch izolowanych wzajemnie uzwojeniach, włączony między sieć zasilania a urządzenie poddawane naprawie, oraz chodnik dielektryczny (izolacyjny), ułożony na podłodze stanowiska pracy. Skuteczność ochrony jest warunkowana odpowiednim atestem fabrycznym oraz okresową kontrolą stanu izolacji transformatora i chodnika.

Wymienione środki ochrony dodatkowej działają tylko w ograniczonym zakresie możliwości porażenia, na które jest narażony naprawiający. Podane dalej zestawienie obejmuje zarówno środki ochrony dodatkowej, jak i ogólne zasady oraz wskazówki praktyczne, których przestrzeganie ma na celu zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa pracy.

Należy zwrócić uwagę na to, że zagrożenie przy naprawach sprzętu nie ogranicza się tylko do porażenia elektrycznego. Szczególne niebezpieczeństwo przy naprawie odbiorników telewizyjnych wynika z możliwości mechanicznego uszkodzenia i spowodowania implozji kineskopu. Naraża to wykonującego naprawę na uderzenie odłamkami szkła, rozpryskującymi się z ogromną siłą. Przy tego rodzaju pracach jest konieczne stosowanie środków ochrony takich, jak maska na twarz, rękawice ze skóry z mankietami i fartuch ochronny.

Dziesięć zasad BHP przy naprawie sprzętu elektronicznego

1. Umieść w widocznym i łatwo dostępnym miejscu główny wyłącznik oraz bezpieczniki, najlepiej samoczynne, odcinające całkowite połączenie sieci zasilania ze stanowiskiem pracy. Włącz transformator separacyjny o przekładni 1:1 między sieć zasilania a naprawiane urządzenie.

2. Nie wykonuj napraw na metalowym stole, krześle, w pomieszczeniu o wilgotnej, brudnej lub przewodzącej podłodze, a także, jeżeli w bezpośrednim zasięgu rąk i nóg znajdują się masy metalowe, również „uziemione", jak grzejniki c.o., rury wodociągowe lub kanalizacyjne. Izolację stanowiska pracy uzupełnij gumowym chodnikiem dielektrycznym, ułożonym na podłodze.

3. Nie wykonuj napraw w niekompletnym lub mokrym ubraniu i obuwiu, boso, spocony po wytężonej pracy, a także będąc pod wpływem alkoholu lub w złym stanie zdrowia.

4. Bądź w każdej chwili przygotowany na porażenie. Jeżeli pozbawione obudowy, a zwłaszcza uszkodzone urządzenie, jest połączone wtykiem z siecią lub, mimo zasilania z baterii, wytwarza samoczynnie niebezpieczne napięcie, to każdy element metalowy traktuj tak, jak gdyby znajdował się pod napięciem.

5. Nie manipuluj równocześnie obiema rękami przy nieosłoniętym urządzeniu pod napięciem. Naucz się drugą rękę trzymać przy sobie. Zamiast chwytać „drugi przewód pomiarowy", dołącz go na stałe zaciskiem szczękowym.

6. Nie dotykaj elementów elektronicznych w nieosłoniętym urządzeniu pod napięciem gołymi palcami, a wyłącznie za pośrednictwem materiałów izolacyjnych lub izolowanych narzędzi, jak wkrętaki i szczypce z atestem elektrycznym, dostosowanym do aktualnego napięcia roboczego.

7. Odłącz całkowicie przewód zasilania sieciowego od naprawianego urządzenia, jeżeli wykonujesz takie czynności, jak lutowanie, dołączanie odizolowanych przewodów, odkręcanie zacisków i śrub stykowych. Pamiętaj o rozładowaniu kondensatorów, jeżeli w trakcie pracy ładują się do niebezpiecznych napięć.

8. Załóż maskę ochronną na twarz przy naprawie odbiorników telewizyjnych. Przy wymianie kineskopu używaj ponadto rękawic ze skóry z mankietami oraz fartucha ochronnego.

9. Naprawiaj urządzenia pod napięciem w obecności drugiej osoby dorosłej, sprawnej fizycznie i zorientowanej, jak odłączyć stanowisko pracy od sieci i udzielić pomocy.

10. W przypadku porażenia drugiej osoby: Uwolnij porażonego od działania napięcia, wyłączając zasilanie stanowiska pracy lub odciągając go od zetknięcia z obwodem elektrycznym przez materiał izolacyjny (suche ubranie, przedmiot drewniany). Jeżeli poszkodowany jest nieprzytomny, lecz oddycha, ułóż go na lewym boku. Przy braku oddechu rozpocznij natychmiast sztuczne oddychanie metodą usta-usta. Wezwij pogotowie ratunkowe.

Podstawowe przepisy i normy

1. *Przepisy budowy urządzeń elektroenergetycznych.* Wyd. WEMA, Warszawa 1980.
2. *Przepisy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych.* Wyd. WEMA, Warszawa 1983.
3. PN-81/T-06250: Sprzęt elektroniczny powszechnego użytku. Bezpieczeństwo użytkowania. Wymagania i metody badań. Wydawnictwa Normalizacyjne. Warszawa 1981.
4. PN-76/T-06500.05: Elektroniczne przyrządy pomiarowe. Wymagania i badania bezpieczeństwa obsługi. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa 1983.

Literatura

1. Struczyński G., Świerżewski M.: *Bezpieczna eksploatacja urządzeń elektroenergetycznych w pytaniach i odpowiedziach.* WNT, Warszawa 1976.
2. Pazdro K.: *Instalacje i odbiorniki elektryczne.* Instytut Wydawniczy CRZZ, Warszawa 1974.

Bibliografia

1. Białko M: Elementy syntezy liniowych układów scalonych. Warszawa, WKiŁ 1973.
2. Chabłowski J., Skulimowski W.: Elektronika w pytaniach i odpowiedziach. Wyd. 2. Warszawa, WNT 1982.
3. Chabłowski J., Skulimowski W.: Telewizja w pytaniach i odpowiedziach. Warszawa, WNT 1982.
4. Ćwirko R., Rusek M., Marciniak W.: Układy scalone w pytaniach i odpowiedziach. Warszawa, WNT 1983.
5. Farbcode für Widerstande und Kondensatoren. Wiener Radiowerke Vertriebsges MBH.
6. Gentry F., Gutzwiller F. W., Holonyak N., von Zastrow E. E. jr.: Tyrystory – półprzewodnikowe prostowniki sterowane. Warszawa, WNT 1969.
7. Głuski T., Próchnicki M.: Magnetofony ZK246 i M24045 – budowa, działanie, naprawa. Warszawa, WKiŁ 1977.
8. Gomółka J., Kowalczyk F., Franke A.: Współczesne chemiczne źródła prądu. Warszawa, Wyd. MON 1977.
9. Громов Н. В., Залесов Т. К., Каппо-Ест Б. К.: *Телевизоры, радиоприёмники, магнитофоны, электрофоны.* Справочная книга, Ленинград 1975.
10. Informator techniczny o wyrobach Polam. Warszawa, WEMA 1980.
11. Instrukcja serwisowa OTV Libra.
12. Instrukcja serwisowa OTV Vela 202.
13. Instrukcja serwisowa OTV Vela 203.
14. Instrukcja serwisowa OTV T6151.
15. Januszewski S., Świątek H.: Diody i tyrystory w pytaniach i odpowiedziach. Warszawa, WNT 1984.
16. Kuliszewski T.: Transformatory telekomunikacyjne. Warszawa, WNT 1967.
17. Lipski T.: Bezpieczniki niskonapięciowe. Warszawa, WNT 1968.
18. Lista preferencyjna. CEMI 1982/84.
19. Lista preferencyjna. CERAD 1982/84.
20. Lista preferencyjna. POLFER 1983/84.
21. Lista preferencyjna. TONSIL 1982-84.
22. Lista preferencyjna. ZATRA 1981.
23. Marciniak W.: Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone. Wyd. 2. Warszawa, WNT 1984.
24. Materiały na konferencję naukowo-techniczną: Elektroniczne podzespoły bierne. Cz. II. Warszawa, SEP 1975.
25. Niemcewicz L.: Lampy elektronowe i półprzewodniki. Warszawa, WKiŁ 1975.
26. Polska Norma PN/75-T02052.
27. Polska Norma PN/75-T89200.
28. Poradnik inżyniera elektronika. Warszawa, WNT 1971.
29. Praca zbiorowa: Jowisz – odbiornik telewizji kolorowej. Warszawa, WKiŁ 1981.
30. Psiuk E.: Kineskopy produkcji UNITRA-ZELOS. Radioamator i Krótkofalowiec, 1976, nr 6.
31. Regeneracja ogniw i baterii. Radioelektronik, 1982, nr 2.
32. Sheahan D. S., Johnson R. A.: Modern crystal and mechanical filters. New York, IEEE Press 1977.
33. Tkaczyk Z.: Liniowe układy scalone. Warszawa, WKiŁ 1978.
34. Żyszkowski Z.: Podstawy elektroakustyki. Warszawa, WNT 1984.

Katalogi

35. Cewki, filtry i dławiki. Warszawa, WEMA 1979.
36. Elementy dyskretne. CEMI 1983/84.
37. Elementy indukcyjne o magnetowodach z blach i taśm ferromagnetycznych. ZATRA 1979.
38. Elementy półprzewodnikowe 44R. ZPEiT 1970.
39. Elementy półprzewodnikowe. CEMI 1972.
40. Elementy półprzewodnikowe – Bipolarne układy scalone. CEMI 1983/84.
41. Głośniki. TONSIL 1978.
42. Kondensatory. Warszawa, WEMA 1976.
43. Kondensatory. Warszawa, WEMA 1979.
44. Kondensatory. MIFLEX 1979.

45. Linear integrated circuits. SIGNETICS 1980.
46. Liniowe układy scalone. CEMI 1983/84.
47. Materiały i rdzenie ferrytowe, ferryty magnetyczne miękkie. Ferroxyd. Warszawa, WEMA 1979.
48. Mikrofony i słuchawki. TONSIL 1978.
49. Ogniwa i baterie galwaniczne. Warszawa, WEMA 1980.
50. Przełączniki Isostat. ELTRA 1980.
51. Rezystory. Warszawa, WEMA 1977.
52. Zestawy głośnikowe. TONSIL 1979.

WNT Warszawa 1987
Wyd. I. Nakład 60.000+200 egz.
Ark. wyd. 18.5. Ark. druk. 21.0
Format A4. Papier offset kl. III 70 g rola 61 cm.
Oddano do składu w lipcu 1986 r.
Podpisano do druku we wrześniu 1987 r.
Druk ukończono w listopadzie 1987 r.
Symbol Et 79971 WNT
Zam. nr 2535/11/86 K-30
Drukarnia im. Rewolucji Październikowej

Cena zł 600,—

ISBN 83-204-0753-2